

TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN MATADEROS PARA AVES  
MEDIANTE BIOAUMENTACIÓN IN VITRO UTILIZANDO UNA PLANTA PILOTO

AYDEE MARIA RESTREPO FUENTES



UNIVESIDAD DE LA COSTA CUC  
DEPARTAMENTO DE POSTGRADOS  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES  
ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL EMPRESARIAL  
BARRANQUILLA  
2014

TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN MATADEROS PARA AVES  
MEDIANTE BIOAUMENTACIÓN IN VITRO UTILIZANDO UNA PLANTA PILOTO

AYDEE MARIA RESTREPO FUENTES

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR EL TITULO DE ESPECIALISTA EN  
GESTION AMBIENTAL EMPRESARIAL

ASESOR: INGENIERO RUBÉN CANTERO RODELO



UNIVESIDAD DE LA COSTA CUC  
DEPARTAMENTO DE POSTGRADOS  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES  
ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL EMPRESARIAL  
BARRANQUILLA  
2014

Nota de Aceptación

---

---

---

---

---

---

---

Firma del Presidente del Jurado

---

Firma del Jurado

---

Firma del Jurado

---

Firma del Jurado

Barranquilla, Marzo 20 del 2014

## AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento

A Dios

Por habernos dado salud, fortaleza, paciencia y la confianza para avanzar durante el desarrollo de este trabajo.

A Industrias Puropollo S.A.S.

Por su colaboración al permitir la toma de muestras en su planta de Sacrificio.

A Víctor Scott López

Por su apoyo, confianza y motivación para continuar con mi crecimiento profesional.

A Tania Margarita López Fuentes, Rocio Katherine Castellar, Laura Marcela Pérez Cantillo, Laura Vanessa Sabalza Fontalvo

Por su invaluable colaboración al poner a disposición la planta piloto diseñada por ellas y el tiempo dedicado a la caracterización de las aguas residuales en el laboratorio CITA. Sin su colaboración no hubiera sido posible realizar el presente trabajo.

A la Auxiliar de Laboratorio CITA, Érica Arbeláez por su colaboración.

A Jeam Paul Arcón Solano por sus aporte en la elaboración de tablas y gráficas.

Dedico este trabajo a mis hijos Roymal Morales Restrepo, Víctor Yamil Morales Restrepo y a mi madre por su apoyo y confianza.

## RESUMEN

Las aguas residuales de las industrias avícolas contienen altas concentraciones de materia orgánica, sólidos suspendidos, grasas, nitrógeno y fósforo. Su composición y flujo generalmente varían dependiendo del proceso industrial, tamaño de las instalaciones, número de animales sacrificados, eficiencia de recolección de sangre y subproductos, consumo de agua por ave sacrificada y manejo del agua en el proceso industrial. En este sentido, la disposición sin tratamiento de estos efluentes a los cuerpos receptores causa un impacto ambiental negativo.

En esta investigación, mediante la utilización de una planta piloto utilizando aireación extendida y mezcla completa, se trató el agua residual de un matadero en una Industria avícola del sector, mediante el proceso de Bioaumentación utilizando un Inoculo Comercial (Ecobacter F M) a dosis única diaria, con la finalidad de determinar su eficiencia para este tipo de afluente.

Se determinaron los parámetros: demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), sólidos suspendidos totales (SST), aceites y grasas temperatura y pH; a la entrada y salida del sistema de tratamiento.

El presente trabajo se realiza en dos fases; la primera sin inoculo y la segunda suministrando el inoculo seleccionado. Los resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos en ambas fases se evaluaron y compararon entre sí y con la normativa vigente. Concluyendo si el Inoculo comercial utilizado actuó eficientemente potencializando el funcionamiento de la planta piloto.

## PALABRAS CLAVES:

Bioaumentación, Inoculo, Aireación, Biodegradación, agua residual, afluente, efluente, caracterización, eficiencia.

## ABSTRACT

Wastewater from poultry industries contain high concentrations of organic matter, suspended solids, fat, nitrogen and phosphorus. Its composition and flow generally vary depending on the manufacturing process, plant size, number of animals slaughtered, blood collection efficiency and byproducts, water consumption per slaughtered bird and water management in the industrial process. In this regard, the arrangement of these untreated effluent into the receiving bodies has a negative environmental impact. In this research, using a pilot plant using extended aeration and thorough mixing, the waste water from a slaughterhouse was treated at a poultry industry sector through the process of using a Commercial Inoculum Bioaugmentation a single daily dose, with the aim determine their efficiency for these tributary. Chemical oxygen demand (COD), biochemical oxygen demand (BOD), total suspended solids (TSS), oil and grease, temperature and pH at the inlet and outlet of the treatment system: the parameters were determined. This work is done in two phase: the first without the second inoculum and supplying the selected inoculum. The results of the physicochemical analysis in both phases were evaluated and compared with each other and with current regulations; determining whether the trade Inoculum used acted efficiently potentiate the operation of the pilot plant.

**KEY WORDS:** Bioaugmentation, Inoculum, aeration, biodegradation, wastewater influent, effluent characterization, efficiency.

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCION .....	15
2. OBJETIVOS .....	16
2.1OBJETIVO GENERAL .....	16
2.2OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	16
3. MARCO REFERENCIAL .....	17
3.1ANTECEDENTES .....	17
3.2AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA ALIMENTARIA .....	18
<i>Aguas residuales de matadero.....</i>	<i>18</i>
<i>Agua utilizada en el escaldador y en las peladoras. ....</i>	<i>20</i>
3.3TRATAMIENTOS BIOLOGICOS DE AGUAS RESIDUALES .....	20
<i>Bases del tratamiento biológico .....</i>	<i>20</i>
<i>Factores ambientales que afectan los procesos de depuración .....</i>	<i>22</i>
<i>Células Bacterianas.....</i>	<i>22</i>
<i>Fuentes de carbono.....</i>	<i>23</i>
<i>Fuentes de energía .....</i>	<i>23</i>
<i>Nutrientes y factores de crecimiento .....</i>	<i>24</i>
<i>Cinéticas de crecimiento de la biomasa.....</i>	<i>25</i>
3.4BIO-AUMENTACION .....	26
3.5VOLUMEN Y CONTENIDO DE LAS AGUA RESIDUALES EN MATADEROS PARA AVES.....	27
3.6ETAPAS DEL PROCESO INDUSTRIAL .....	28
<i>Colgado. ....</i>	<i>29</i>
<i>Atontamiento .....</i>	<i>29</i>
<i>Sacrificio y desangre .....</i>	<i>30</i>
<i>Escaldado.....</i>	<i>32</i>
<i>Pelado .....</i>	<i>33</i>
<i>Lavado del ave .....</i>	<i>34</i>
<i>Evisceración .....</i>	<i>34</i>
<i>Enfriamiento .....</i>	<i>37</i>
<i>Empaque .....</i>	<i>38</i>
3.7MARCO CONCEPTUAL .....	40
3.8MARCO LEGAL .....	42
<i>Decreto 3930 de 2010 (Revisión).....</i>	<i>42</i>
<i>Decreto 1594 de 1984 (junio 26).....</i>	<i>44</i>



<i>Comparación entre Decreto 1594 de 1984 y Decreto 3930 de 2010</i> .....	46
4. PLANTA PILOTO, UTILIZANDO AIREACIÓN EXTENDIDA Y MEZCLA COMPLETA.....	46
4.1 DISEÑO PLANTA PILOTO .....	46
5. MARCO METODOLÓGICO .....	50
5.1 METODOLOGIA: .....	50
5.2 TECNICA UTILIZADA PARA LAS CARACTERIZACIONES.....	51
5.3 INOCULO COMERCIAL UTILIZADO .....	51
<i>Ecobacter FM</i> .....	51
<i>Dosificación del inculo comercial, Ecobacter FM</i> .....	51
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	52
6.1 FASE I: ARRANQUE DE LA PLANTA PILOTO SIN INOCULO .....	52
<i>Resultados obtenidos de los parámetros fisicoquímicos</i> .....	52
<i>Análisis estadístico descriptivo</i> .....	52
<i>Análisis de gráficas</i> .....	53
6.2 FASE II. BIOAUMENTACION: ARRANQUE DE LA PLANTA PILOTO CON INOCULO.....	58
<i>Resultados obtenidos de los parámetros fisicoquímicos</i> .....	58
<i>Análisis estadístico descriptivo</i> .....	58
<i>Análisis de gráficas</i> .....	59
6.3 EFICIENCIAS COMPARATIVAS ENTRE LOS DOS PROCESOS .....	63
<i>Análisis de gráficas comparativas entre los dos procesos</i> .....	63
6.4 COMPARACIÓN CON EL DECRETO 1594 DE 1984.....	66
6.5 COMPARACIÓN CON EL DECRETO 3930 DE 2010.....	68
7. CONCLUSIONES .....	71
8. RECOMENDACIONES.....	72
9. BIBLIOGRAFIA .....	73
ANEXOS .....	74

## LISTAS DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1.</b> Características de las aguas residuales en mataderos para aves.....	20
<b>Tabla 2.</b> Composición típica de Células bacterianas .....	23
<b>Tabla 3.</b> Parámetros de pH y Temperatura. ....	43
<b>Tabla 4.</b> Parámetros de pH y Temperatura .....	43
<b>Tabla 5.</b> Valores límites máximos permisibles .....	44
<b>Tabla 6.</b> Valores Permisibles del Decreto 1594 de 1984 .....	45
<b>Tabla 7.</b> Límites Permisibles Decreto 1594 y Decreto 3930. ....	46
<b>Tabla 8.</b> Dimensiones de la PTAR. ....	46
<b>Tabla 9.</b> Parámetro de Diseño.....	47
<b>Tabla 10.</b> Parámetro de Diseño.....	47
<b>Tabla 11.</b> Parámetro de diseño. ....	47
<b>Tabla 12.</b> Biodegradabilidad de AR de entrada .....	48
<b>Tabla 13.</b> Técnicas de los métodos analíticos.....	51
<b>Tabla 14.</b> Resultados Estadísticos descriptivos. ....	52
<b>Tabla 15.</b> Resultados Estadísticos descriptivos .....	59
<b>Tabla 16.</b> Resultados de la DBO5 sin bacterias.....	74
<b>Tabla 17.</b> Resultados de la DQO sin bacterias .....	74
<b>Tabla 18.</b> Resultado de los sólidos Suspendidos totales sin bacterias.....	75
<b>Tabla 19.</b> Resultados de las Grasas y Aceites sin bacterias .....	75
<b>Tabla 20.</b> Resultado de la Biodegradabilidad sin bacterias .....	76
<b>Tabla 21.</b> Resultados del Oxígeno Disuelto sin bacterias.....	76
<b>Tabla 22.</b> Resultados de Conductividad sin bacterias .....	77
<b>Tabla 23.</b> Los resultados de la DBO5 con bacterias .....	82

<b>Tabla 24.</b> Resultados de la DQO con bacterias .....	83
<b>Tabla 25.</b> Resultados de los Sólidos suspendidos totales con bacterias.....	83
<b>Tabla 26.</b> Resultados del pH con bacterias.....	83
<b>Tabla 27.</b> Resultados de las Grasas y Aceites con bacterias .....	84
<b>Tabla 28.</b> Comparación de la eficiencia de la DBO5 sin y con Bacteria. ....	84
<b>Tabla 29.</b> Comparación de la eficiencia de la DQO sin y con Bacteria.....	84
<b>Tabla 30.</b> Comparación de la eficiencia de la SST sin y con Bacteria. ....	85
<b>Tabla 31.</b> Comparación de la eficiencia de la Grasas y Aceite sin y con Bacteria. ....	85

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1.</b> Aguas residuales de matadero (Autor). ....	18
<b>Figura 2.</b> Escaldado (Autor). ....	32
<b>Figura 3.</b> Pelado (Autor). ....	33
<b>Figura 4.</b> Empaque del producto en una planta procesadora. (Autor).....	38
<b>Figura 5.</b> Planta piloto. Fuente: Tania López Fuentes. ....	48
<b>Figura 6.</b> Vista frontal PTAR. Diseñado por Jeam Paul Arcón Solano (Google Sketchup®) .....	49
<b>Figura 7.</b> Vista en planta PTAR. Diseñado por Jeam Paul Arcón Solano (Google Sketchup®) .....	49
<b>Figura 8.</b> Toma de muestras en planta Puropollo (Autor). ....	50
<b>Figura 9.</b> Hoja de Seguridad de la ECOBACTER FM.....	86

## LISTA DE DIAGRAMAS

	Pág.
<b>Diagrama 1.</b> Las etapas del proceso Industrial (Autor).....	28
<b>Diagrama 2.</b> Flujograma del origen de las aguas residuales (Adaptado), Fuente, Comité coordinador regional de Instituciones de agua potable y Saneamiento de Centroamérica, Panamá y República Dominicana, Aguas residuales de mataderos y Procesadoras de carne, Pág. 11). .....	39

## LISTA DE GRAFICAS

	Pág.
<b>Grafica 1.</b> Concentraciones de DBO5 en la Fase I	53
<b>Grafica 2.</b> Concentraciones de DQO en la Fase I	54
<b>Grafica 3.</b> Concentraciones de SST en la Fase I	55
<b>Grafica 4.</b> Concentraciones de Grasas y Aceites en la Fase I.	56
<b>Grafica 5.</b> Comparación de Temperatura con el Decreto 1594 de 1984	57
<b>Grafica 6.</b> Comparación de pH con el Decreto 1594 de 1984.	57
<b>Grafica 7.</b> Concentraciones de DBO5 en la Fase II	59
<b>Grafica 8.</b> Concentración en la DQO en la Fase II	60
<b>Grafica 9.</b> Concentración de SST en la Fase II	61
<b>Grafica 10.</b> Concentración de Grasas y Aceites en la Fase II.	62
<b>Grafica 11.</b> pH en la Fase II.	63
<b>Grafica 12.</b> Eficiencias en las DBO5	64
<b>Grafica 13.</b> Eficiencias en las DQO	64
<b>Grafica 14.</b> Eficiencias en las SST.	65
<b>Grafica 15.</b> Eficiencias en las Grasas y Aceites	65
<b>Grafica 16.</b> Comparación de pH con Bacterias con el Decr. 1594.	66
<b>Grafica 17.</b> Comparación de la Eficiencia de la DBO5 con el Decreto 1594.	66
<b>Grafica 18.</b> Comparación de las eficiencias de los SST con el Decreto 1594	67
<b>Grafica 19.</b> Comparación de las eficiencias de las Grasas y Aceites con el Decr. 1594	67
<b>Grafica 20.</b> Comparación del pH con Bacterias con el Decreto 3930	68
<b>Grafica 21.</b> Comparación DBO5 con Bacterias con el Decreto 3930.	69
<b>Grafica 22.</b> Comparación DQO con Bacterias con el Decreto 3930.	69
<b>Grafica 23.</b> Comparación SST con Bacterias con el Decreto 3930.	70

<b>Grafica 24.</b> Comparación Grasas y Aceites con Bacterias con Decreto 3930.	70
<b>Grafica 25.</b> pH en la Fase I	77
<b>Grafica 26.</b> Temperatura en la Fase I.	78
<b>Grafica 27.</b> Oxígeno Disuelto en la Fase I.	78
<b>Grafica 28.</b> Conductividad en la Fase I.	79
<b>Grafica 29.</b> Comparación del pH sin bacterias con el decreto 3930.	79
<b>Grafica 30.</b> Comparación de la DBO5 sin Bacteria con el Decreto 3930.	80
<b>Grafica 31.</b> Comparación de la DQO sin Bacteria con el Decreto 3930.	81
<b>Grafica 32.</b> Comparación de la SST sin Bacteria con el Decreto 3930	81
<b>Grafica 33.</b> Comparación de la Grasas y Aceite sin Bacteria con el Decreto 3930.	82

## 1. INTRODUCCION

Hasta hace relativamente poco tiempo, las aguas residuales se vertían directamente en el curso o masa de agua más cercana, confiando en que su poder de auto-depuración fuese suficiente para evitar riesgos tanto epidemiales como ecológicos. El aumento de población en los núcleos urbanos junto al enorme desarrollo industrial acabó poniendo de relieve la insuficiencia de los medios que aporta la Naturaleza en su lucha contra la contaminación. Esto hizo necesario desarrollar diferentes tecnologías que permitiesen el tratamiento previo de todos aquellos vertidos, tanto industriales como urbanos, que pudiesen ocasionar daños en el entorno. La mayoría de los procesos de depuración desarrollados se limitaron a reproducir los existentes en la Naturaleza, aumentando su velocidad y capacidad por medios artificiales. Dentro de los diferentes tipos de actividades industriales, la industria alimentaria genera un elevado volumen de aguas residuales con una elevada concentración de materia orgánica y de nutrientes, por lo que deben ser sometidas a tratamientos adecuados, que aseguren el cumplimiento de la normativa vigente en su vertido<sup>1</sup>.

Dentro del sector cárnico, las aguas residuales que presentan un mayor potencial contaminante son las generadas en los mataderos, que a nivel nacional producen un gran volumen de metros cúbicos al año. Uno de los principales contaminantes de las aguas residuales de matadero es grasa y sangre, ésta última debido a su elevada concentración de materia orgánica nitrogenada en forma de proteínas. Su naturaleza líquida (80% agua) es la responsable de que en mayor o menor medida acabe formando parte de la corriente de agua residual. El vertido de sangre en el agua residual conlleva un aumento muy importante de la carga orgánica y nitrogenada en las plantas depuradoras instaladas en los mataderos. En estas condiciones, los sistemas de tratamiento convencionales empleados, habitualmente de lodos activados, ven disminuida la calidad del efluente que generan, aumentando además de forma muy considerable los costos de explotación, asociados a los mayores requerimientos de aireación y de gestión de fangos en exceso. El vertido de la sangre generada en el matadero junto con el agua residual de las instalaciones, puede llegar a doblar la carga orgánica recibida en la planta depuradora<sup>1</sup>.

Ante la perspectiva presentada, este trabajo de Tesis pretende evaluar la eficiencia in vitro, de un inóculo comercial para la biodegradación de aguas residuales en mataderos con un elevado contenido en grasa y sangre utilizando una planta piloto.



## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la eficiencia del Ecobacter F M, para la biodegradación de aguas residuales en planta de sacrificio para aves in vitro utilizando una planta piloto.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Evaluar la eficiencia de la planta Piloto sin inculo por medio de la medición de parámetros de calidad de agua residual.
- Evaluar la eficiencia de la planta piloto utilizando Ecobacter F M, por medio de la medición de parámetros de calidad en agua residual.
- Analizar los resultados obtenidos en ambos procesos.

### 3. MARCO REFERENCIAL

#### 3.1 ANTECEDENTES

La industria de los aditivos biológicos comenzó a principios de los años 60 para solucionar los problemas de recuperación de biomasa lentos y para compensar las pérdidas de la población bacteriana. La aplicación de esta tecnología se denomina Bioaumentación. La Bioaumentación ha sido puesta en práctica desde los inicios de la década de los sesenta. Debido al mal manejo de aditivos frecuente o a la pobre documentación de resultados, esta tecnología ha sido considerada como poco científica.<sup>9</sup>

Los contaminantes presentes en las aguas residuales de la industria alimentaria son fundamentalmente de origen orgánico y por lo general fácilmente biodegradables, por lo que el tratamiento biológico puede dar buenos resultados en la mayoría de los casos. La elevada concentración de materia orgánica en estas aguas obliga a emplear sistemas de tratamiento biológico de alta carga para rentabilizar el proceso. El funcionamiento estable de estos sistemas requiere unas ciertas características del agua residual respecto a parámetros como el pH, la alcalinidad y la ausencia de tóxicos o inhibidores biológicos. Esto hace que en ocasiones se requiera de tratamientos previos para el acondicionamiento del agua: Homogeneización, ajuste de pH, tratamientos físicos y/o químicos, etc. Las operaciones de tratamiento físico-químico empleadas con mayor frecuencia son:

- Desbaste de gruesos: eliminación de sólidos por intercepción.
- Desarenado: eliminación de arenas y gravas.
- Coagulación/floculación: mejora de las características de los sólidos en suspensión y coloidales para su posterior separación del agua.
- Sedimentación y flotación: eliminación de sólidos sedimentables y materia flotante.
- Precipitación química: eliminación de materia coloidal y disuelta.<sup>1</sup>

---

<sup>9</sup> Michael H. Foster, BS y Rob Whiteman, Soluciones para el Tratamiento de Aguas Residuales, consultado el 26 de Octubre del 2.013. disponible en la red, [www.ebac2000.com/bioaugSP.htm](http://www.ebac2000.com/bioaugSP.htm)

<sup>1</sup> Espinosa, Juan José. Tesis doctoral, Tratamiento de aguas residuales de Mataderos con elevado contenido en sangre mediante la combinación de procesos anaerobios de película fija y Aerobios en membrana, Pág. 23, 24, 30 Antón, Universidad de burgos, 2.011. Disponible en la red <http://hdl.handle.net/10259/163>

### 3.2 AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

Una de las actividades que constituyen una fuente de contaminación importante y relativamente compleja es el sector alimentario. Dentro del sector alimentario existen instalaciones de muy diversos tipos, en función de las materias primas y del grado de manipulación. En general, al aumentar el grado de manipulación aumentan las operaciones de transformación y, en consecuencia, la cantidad de aguas residuales generadas y su poder contaminante. Algunos aspectos a tener en cuenta al abordar la depuración de las aguas residuales de este sector son:

*Discontinuidad en la producción.* Algunas industrias de este sector sólo trabajan algunas horas al día y las paradas durante el fin de semana son habituales.

*Proximidad.* En muchos casos, para facilitar la distribución de sus productos, estas industrias se encuentran próximas a núcleos de población. Esto hace que sus vertidos se efectúen en cauces superficiales como ríos y lagos, o que se integren, junto con las aguas residuales de origen doméstico, en las redes de saneamiento municipales<sup>1</sup>.

#### Aguas residuales de matadero

Las aguas residuales de matadero poseen una elevada concentración de materia orgánica, tanto disuelta como en suspensión, que fundamentalmente está constituida por proteínas y sus productos de descomposición, como ácidos orgánicos volátiles, aminas y otros compuestos orgánicos nitrogenados.



**Figura 1.** Aguas residuales de matadero (Autor).

Las aguas residuales de matadero también tienen una concentración importante de grasas, que pueden interferir gravemente en su tratamiento biológico, así como una concentración variable de productos lignocelulósicos. Su impacto en los

cauces receptores es bastante importante, debido al elevado número de establecimientos existentes.<sup>2</sup>

Las características de las aguas residuales de matadero dependen de los siguientes factores:

Tipo de animal sacrificado (aves, cerdos, terneros, corderos, conejos, etc).

Grado de procesado; en particular de estómagos, rumen e intestinos (tripería) y de la posible elaboración de harinas.

En este tipo de aguas residuales es especialmente significativo que entre el 40 y el 50% de la materia orgánica se encuentra en suspensión, siendo por lo tanto lentamente biodegradable. También se destaca el contenido de aceites y grasas, aunque es claramente inferior al de otros vertidos de la industria alimentaria, como por ejemplo las aguas de elaboración de precocinados. Sin embargo, los aceites y grasas de estas aguas pueden resultar difíciles de separar por encontrarse emulsionados. Otra característica determinante de éste tipo de efluentes es su biodegradabilidad. Mientras que las aguas residuales urbanas tienen una biodegradabilidad elevada, con una relación DBO5/DQO de 0,5-0,6, las aguas residuales de matadero habitualmente tienen una relación comprendida entre 0,3 y 0,5. Cuando el agua residual tiene un contenido importante de sangre, la fracción mayoritaria de la materia orgánica requiere de hidrólisis previa, debido a la naturaleza proteica de la sangre, lo que ralentiza el proceso de biodegradación.<sup>1</sup>

Los volúmenes de aguas residuales de las diferentes unidades de sacrificio o procesamiento varían de planta en planta en un intervalo amplio. La introducción de nuevos procedimientos de producción puede traer como consecuencias cambios en los volúmenes específicos de las aguas residuales generadas.<sup>5</sup>

En las instalaciones de la empresa avícola, fuente de las muestras de las aguas residuales para este trabajo de Tesis, se realizan las actividades de sacrificio de aves (aprox. 45.000 aves al día) y fabricación de harina mixta (Vísceras, sangre y pluma).

---

<sup>1</sup> Espinosa, Juan José. Tesis doctoral, Tratamiento de aguas residuales de Mataderos con elevado contenido en sangre mediante la combinación de procesos anaerobios de película fija y Aerobios en membrana, Pág. 23, 24, 30 Antón, Universidad de burgos, 2.011. Disponible en la red <http://hdl.handle.net/10259/163>

<sup>2</sup> QumiNet Sectores relacionados: Biotecnología en el tratamiento de aguas residuales. Noviembre 28- 2008.

<sup>5</sup> Cervantes, López Eduardo. Junio del 2.002. El pollo, paso a paso su procesamiento industrial, Ediciones científica Beta E.U.

Las aguas residuales que llegan a su depuradora son mezcla de los vertidos generados en los diferentes puntos de la instalación, como:

Agua utilizada en el escalador y en las peladoras.

Agua empleada en los procesos de limpieza, así como en el transporte de las plumas procedentes de la peladora, y las tripas y sangre desde la sala de despiece. Este vertido es el que aporta mayor carga orgánica en el agua residual. Agua utilizada en los sistemas de limpieza, como el lavado de guacales o de vehículos. La tabla 1, recoge las principales características de las aguas residuales de un matadero

**Tabla 1.** Características de las aguas residuales en mataderos para aves

PARAMETRO	INTERVALO
DBO5 (mgO <sub>2</sub> /l)	500 – 4.600
DQOs (mgO <sub>2</sub> /l)	700 – 10.000
ALCALINIDAD (mg/l)	300 – 800
SST (mg/l)	200 – 700
ACEITES Y GRASAS (mg/l)	50 – 900

**Fuente:** Espinosa, Juan José.<sup>1</sup>

### 3.3 TRATAMIENTOS BIOLOGICOS DE AGUAS RESIDUALES

Bases del tratamiento biológico

La mayor parte de las aguas residuales domésticas e industriales presentan contaminantes de naturaleza orgánica de diferente biodegradabilidad. Los tratamientos biológicos o secundarios utilizan la acción metabólica de diferentes microorganismos (fundamentalmente bacterias) para la eliminación de los contaminantes orgánicos del agua. Dicha eliminación se efectúa mediante la conversión de los contaminantes por dos vías:

*Catabólica o de obtención de energía:* los contaminantes se transforman en una serie de productos finales gaseosos que se desprenden del agua, obteniéndose energía tanto para la síntesis celular como para el mantenimiento de la célula.

---

<sup>1</sup> Espinosa, Juan José. Tesis doctoral, Tratamiento de aguas residuales de Mataderos con elevado contenido en sangre mediante la combinación de procesos anaerobios de película fija y Aerobios en membrana, Pág. 23, 24, 30 Antón, Universidad de burgos, 2.011. Disponible en la red <http://hdl.handle.net/10259/163>

*Anabólica o de síntesis celular:* los contaminantes se transforman en nuevos microorganismos.<sup>1</sup>

Los tratamientos biológicos también permiten la eliminación de los nutrientes responsables de la eutrofización, como el nitrógeno y el fósforo. Los microorganismos desarrollados en los procesos biológicos, también denominados biomasa o tejido celular, pueden ser separados del agua tratada en los decantadores secundarios, debido a que su densidad es ligeramente superior a la del agua. La separación de la biomasa del agua tratada también se puede realizar por otras vías, entre ellas la filtración con membranas. La eficacia con la que se separe la biomasa del agua determinará en gran medida su calidad final en vertido. Los tratamientos biológicos habitualmente van precedidos de etapas de pre tratamiento y tratamiento primario para la eliminación de sólidos en suspensión, así como una etapa de ecualización y homogeneización del agua residual. La clasificación de los procesos de tratamiento biológico se puede hacer en base a dos aspectos principales:

*Metabolismo microbiano:*

- Procesos aerobios: son aquellos que tienen lugar en presencia de oxígeno, que actúa como aceptor final de electrones.
- Procesos anaerobios: son aquellos que tienen lugar en ausencia de oxígeno, actuando como aceptores finales de electrones el SO<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> o moléculas orgánicas.
- Procesos anóxicos: son aquellos que tienen lugar en ausencia de oxígeno y el aceptor final de electrones es el NO<sub>2</sub> o el NO<sub>3</sub>.
- Procesos facultativos: son aquellos efectuados por microorganismos que pueden trabajar tanto en presencia como en ausencia de oxígeno.
- Procesos combinados aerobio/anaerobio/anóxico: la combinación de los procesos de tratamiento biológico puede ser ventajosa para el tratamiento de algunos tipos de vertido.<sup>1</sup>

*Modo de inmovilización de los microorganismos en el reactor:*

*Procesos de biomasa suspendida:* son aquellos en los que los microorganismos responsables de la depuración se retienen en el reactor suspendido en el agua.

*Procesos de biomasa adherida:* son aquellos en los que los microorganismos responsables de la depuración se retienen en el reactor adherido a algún tipo de soporte físico, como rocas o piezas plásticas o cerámicas.

---

<sup>1</sup> Espinosa, Juan José. Tesis doctoral, Tratamiento de aguas residuales de Mataderos con elevado contenido en sangre mediante la combinación de procesos anaerobios de película fija y Aerobios en membrana, Pág. 23, 24, 30 Antón, Universidad de burgos, 2.011. Disponible en la red <http://hdl.handle.net/10259/163>

*Procesos combinados de biomasa suspendida/adherida:* algunos tipos de reactores permiten retener los microorganismos de ambas formas.<sup>1</sup>

### Factores ambientales que afectan los procesos de depuración

Los principales factores ambientales que influyen en los procesos de depuración biológica son:

- a) *Temperatura:* Las reacciones implicadas en el metabolismo de los microorganismos están catalizadas por enzimas. La velocidad de las reacciones enzimáticas aumenta con la temperatura, pero sólo hasta un determinado valor, en el que comienza la desnaturalización de la enzima.
- b) *pH:* La actividad máxima de las enzimas se sitúa en un estrecho rango de pH, normalmente comprendido entre 6,5 y 7,5. Capítulo III 18.
- c) *Contacto microorganismos – materia orgánica:* Para que la actuación de los microorganismos sea la adecuada, es necesario facilitar su encuentro con la materia orgánica, buscando una buena homogeneización del medio.
- d) *Inhibidores:* La actividad de las enzimas puede ser inhibida por la presencia de algunas sustancias, como iones de metales pesados, reactivos alcaloides, o el cloro y sus compuestos. La acción de los inhibidores puede destruir los microorganismos o dejarlos en estado latente. Esto hace necesario realizar ensayos de toxicidad biológica, antes de plantear un tratamiento biológico.
- e) *Nutrientes:* El tratamiento biológico podrá tener lugar siempre que la cantidad de nutrientes sea suficiente para los microorganismos que intervienen en el proceso.

Los sistemas de tratamiento biológico se dividen en función del contacto de los microorganismos con la materia orgánica en:

*Sistemas de biomasa suspendida:* los microorganismos se encuentran en suspensión en el agua, efectuándose la homogeneización del medio por sistemas hidráulicos, mecánicos o inyección de aire.

*Sistemas de biomasa adherida:* en estos sistemas existe un soporte físico, sobre el que se fijan los microorganismos.

### Células Bacterianas

Los microorganismos que fundamentalmente intervienen en los procesos de depuración biológicos son las bacterias. Las células bacterianas contienen aproximadamente un 80% de agua y un 20% de materia seca, de la cual el 90%



es de naturaleza orgánica y el restante de naturaleza inorgánica. En la Tabla 2 se muestra la composición típica de las células bacterianas.<sup>1</sup>

**Tabla 2.** Composición típica de Células bacterianas

CONSTITUYENTE	% PESO SECO
Proteína	55,0
Polisacáridos	5,0
Lípido	9,1
ADN	3,1
ARN	20,1
Otros (azúcares, AA)	6,3
Iones inorgánicos	1,0

Fuente: Espinosa, Juan José.<sup>1</sup>

Para la replicación y el mantenimiento de la función celular, los microorganismos requieren de fuentes de carbono y energía, así como de una serie de nutrientes inorgánicos.

### Fuentes de carbono

Los microorganismos pueden obtener el carbono necesario para la síntesis celular, de la materia orgánica presente en el agua (carbono orgánico) o del dióxido de carbono (carbono inorgánico). Los microorganismos que utilizan el carbono orgánico para la síntesis celular se denominan heterótrofos, mientras que los que utilizan el dióxido de carbono se denominan autótrofos. Aunque en ambos tipos de microorganismos la síntesis celular requiere de un consumo de energía metabólica, los autótrofos requieren de una mayor cantidad de energía, debido a que parten de un carbono totalmente oxidado (CO<sub>2</sub>) que tienen que reducir hasta formar los compuestos de carbono que formarán parte de la célula. Este mayor consumo de energía metabólica por parte de los microorganismos autótrofos se traduce en que su velocidad de crecimiento va a ser menor que la de los microorganismos heterótrofos<sup>1</sup>.

### Fuentes de energía

La energía necesaria tanto para la síntesis celular como para el mantenimiento de la célula puede ser proporcionada por la luz o por una reacción bioquímica de oxidación. Los microorganismos que son capaces de utilizar la luz como fuente de energía se denominan fotótrofos, pudiendo ser a su vez heterótrofos (ciertos tipos

<sup>1</sup> Espinosa, Juan José. Tesis doctoral, Tratamiento de aguas residuales de Mataderos con elevado contenido en sangre mediante la combinación de procesos anaerobios de película fija y Aerobios en membrana, Pág. 23, 24, 30 Antón, Universidad de burgos, 2.011. Disponible en la red <http://hdl.handle.net/10259/163>



de bacterias sulfatorreductoras) ó autótrofos (algas y bacterias fotosintéticas). Los microorganismos que obtienen energía mediante reacciones de oxidación se denominan quimiótrofos, que a su vez pueden ser heterótrofos (protozoos, hongos y la mayoría de las bacterias) ó autótrofos (bacterias nitrificantes). Los microorganismos quimiótrofos se pueden dividir también en quimioheterótrofos, si obtienen energía de la oxidación de compuestos orgánicos, y en quimioautótrofos, si la energía la obtienen de la oxidación de compuestos inorgánicos reducidos ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  y  $\text{S}^{2-}$ ). Las reacciones redox de los quimiótrofos implican una transferencia de electrones desde un compuesto donador a uno aceptor. Los donadores y aceptores de electrones pueden ser compuestos orgánicos o inorgánicos, en función del microorganismo implicado en el proceso. El aceptor de electrones puede encontrarse en la propia célula (endógeno), o fuera de ella (exógeno). Los organismos que generan energía mediante el transporte de electrones desde el donador hasta un aceptor final de electrones externo, se dice que tienen un metabolismo respiratorio. Si el organismo utiliza un aceptor final de electrones interno, entonces se habla de metabolismo fermentativo, que siempre tiene rendimientos energéticos inferiores a los del metabolismo respiratorio. Si el aceptor final de electrones es el  $\text{O}_2$ , entonces se habla de proceso aerobio, mientras que si es el  $\text{NO}_2^-$  o el  $\text{NO}_3^-$ , se habla de proceso anóxico. Si el aceptor final de electrones es distinto a los anteriores, se habla de proceso anaerobio. Los microorganismos que sólo pueden obtener energía en presencia de  $\text{O}_2$  se denominan aerobios estrictos, mientras que si pueden utilizar como aceptores tanto el  $\text{O}_2$  como  $\text{NO}_2^-/\text{NO}_3^-$  se les denomina aerobios facultativos. Aquellos microorganismos que obtienen energía por fermentación y que sólo pueden existir en ausencia de oxígeno, se denominan anaerobios estrictos. Los que pueden crecer tanto en presencia como en ausencia de oxígeno se denominan anaerobios facultativos.<sup>1</sup>

### Nutrientes y factores de crecimiento

La presencia de nutrientes es imprescindible para el éxito de cualquier proceso biológico. Los principales nutrientes inorgánicos que necesitan los microorganismos son: N, S, P, K, Mg, Ca, Fe, Na, y Cl. Otros nutrientes de menor importancia son: Zn, Mn, Mo, Se, Co, Cu y Ni<sup>1</sup>.

Las aguas residuales domésticas son biodegradables y equilibradas en nutrientes, pero esto no ocurre así en muchos vertidos industriales. La condición adecuada para que un agua residual pueda depurarse, es que la cantidad de nutrientes sea suficiente, necesitándose una relación mínima de DBO<sub>5</sub>/N/P de 100/5/1 en

---

<sup>1</sup> Espinosa, Juan José. Tesis doctoral, Tratamiento de aguas residuales de Mataderos con elevado contenido en sangre mediante la combinación de procesos anaerobios de película fija y Aerobios en membrana, Pág. 23, 24, 30 Antón, Universidad de burgos, 2.011. Disponible en la red <http://hdl.handle.net/10259/163>

procesos aerobios, y de 100/0,5/0,1 en anaerobios. Los factores de crecimiento son nutrientes orgánicos que son precursores o constituyentes de material celular, cuya necesidad estriba en el hecho de que no pueden ser sintetizados a partir de otras fuentes de carbono, dividiéndose fundamentalmente en tres clases: aminoácidos, bases nitrogenadas y vitaminas<sup>1</sup>.

### Cinéticas de crecimiento de la biomasa

En condiciones ideales, el crecimiento de las poblaciones bacterianas es una función exponencial en el tiempo. Puesto que el crecimiento de la población bacteriana ocurre por división de las células individuales, la velocidad de crecimiento bacteriano es proporcional al tamaño de la población

$$\frac{dX}{dt} = \mu \cdot X \quad (\text{Ecuación 3.1})$$

Donde  $\mu$  es la velocidad de crecimiento específica (kg nueva biomasa/kg biomasa.d) y  $X$  es la concentración de biomasa en el reactor (kg biomasa/m<sup>3</sup>).<sup>1</sup>

Si se tiene en cuenta el proceso de descomposición endógena de la biomasa que se describe mediante una ecuación cinética de primer orden, la velocidad de crecimiento se expresará:

$$r_x = \frac{dX}{dt} = \mu \cdot X - b \cdot X \quad (\text{Ecuación 3.2})$$

Donde  $b$  es el coeficiente de descomposición endógena (kg biomasa descompuesta/kg biomasa.d). Este coeficiente tiene en cuenta la pérdida de material celular debido al catabolismo de productos de reserva almacenados en la célula, con el fin de obtener energía para el mantenimiento celular, así como la muerte o lisis celular, y la predación por organismos superiores de la cadena trófica.

Si se integra la *Ecuación 3.2* considerando  $\mu$  y  $b$  constantes, se obtiene la función de la concentración de la población bacteriana en el tiempo:

$$X = X_{(t=0)} \cdot e^{(\mu-b) \cdot t} \quad (\text{Ecuación 3.3})$$

En la práctica existen limitaciones al crecimiento, dadas por ejemplo, por la limitación del sustrato disponible, por la limitación de nutrientes o por la presencia de tóxicos e inhibidores. La concentración de sustrato disponible limita la velocidad de crecimiento de las poblaciones bacterianas. La forma de simular esta influencia ha sido objeto de controversia, siendo diferente en función de las condiciones y del grupo de microorganismos.<sup>1</sup>

### 3.4 BIO-AUMENTACION

Con frecuencia los términos de biorremediación y bioaumentación se utilizan de forma intercambiable. La biorremediación se define aquí como la utilización de microorganismos seleccionados para lograr una limpieza biológica de un área contaminada específica, tales como suelos o aguas; la bioaumentación se define como la aplicación de microorganismos seleccionados para mejorar las poblaciones microbianas de una instalación de tratamiento de aguas residuales para el mejoramiento de la calidad del agua o para disminuir los costos de operación. En otras palabras, la biorremediación trata con un área definida o proyecto, mientras que la bioaumentación trabaja para el mejoramiento de un proceso continuo.<sup>9</sup>

Existe el interrogante de porqué los productos de bioaumentación deben alimentarse continuamente luego de la dosis inicial del producto. Debido a la alteración del sistema y cambios de composición de influente, se requiere una dosis para el mantener la diversidad de la población. El monitoreo adecuado del sistema utilizando procesos de control estadístico combinado con técnicas de análisis microbiológico, suministrarán la información que el asesor de la Bioaumentación necesita para mantener la población deseada. Al utilizar técnicas microscópicas y técnicas avanzadas de cultivo en placa, el asesor puede correlacionar las características de las poblaciones bacterianas con el desempeño de la planta de tratamiento para un sistema particular de tratamiento de desechos. Ya que todo sistema es único y la población óptima variará de planta en planta.<sup>9</sup>

En el tratamiento de aguas residuales, los microorganismos (principalmente bacterias) consumen los componentes orgánicos convirtiéndolos en bióxido de carbono, agua y energía para producir nuevas células. Finalmente, los contaminantes solubles son transformados en biomasa insoluble que se podrá remover mecánicamente, y así poder ser enviada a confinamiento. En el tratamiento aeróbico las bacterias utilizan oxígeno en la degradación de compuestos orgánicos. Dentro de estos, los siguientes parámetros deberán ser controlados: niveles de oxígeno disuelto, niveles de pH y nutrientes (amonio y fósforo) son de los más críticos. Las estrategias clásicas se han concentrado en controlar los parámetros con poca atención a los microorganismos mismos.<sup>2</sup>

Productos típicos de bio-aumentación consisten de mezclas de varias variedades de microorganismos, generalmente bacterias o fungi. Los organismos están o son aislados de la naturaleza y no son alterados en ninguna forma. Son seleccionadas en base a tasas aceleradas de reproducción, su habilidad de llevar a cabo

---

<sup>9</sup> Michael H. Foster, BS y Rob Whiteman, Soluciones para el Tratamiento de Aguas Residuales, consultado el 26 de Octubre del 2013. disponible en la red, [www.ebac2000.com/bioaugSP.htm](http://www.ebac2000.com/bioaugSP.htm).

<sup>2</sup> QumiNet Sectores relacionados: Biotecnología en el tratamiento de aguas residuales. Noviembre 28- 2008.

diferentes funciones, tales como capacidades de formación de flock para mejorar la asentabilidad, o su habilidad para degradar diferentes componentes. Los productos son vendidos en diferentes formas, siendo organismos secados en una base de salvado y productos líquidos los más comunes.<sup>2</sup>

La biodegradación es un proceso muy complejo, por el cual los microorganismos obtienen energía para su crecimiento y desarrollo; en líneas generales, consiste en la transformación de complejos orgánicos de alta resistencia a la oxidación natural, en compuestos simples con la ayuda de exoenzimas bacterianas específicas. Los subproductos, a su vez, son involucrados en el metabolismo interno de las bacterias aerobias para su degradación final a dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y agua (H<sub>2</sub>O).<sup>3</sup>

Dicho proceso involucra una mezcla interrelacionada de población biológica, donde las principales familias de las bacterias desarrolladas para el tratamiento de las aguas residuales son cepas de bacterias naturales no patógenas, que han sido seleccionadas por su capacidad de purificación del agua. Esta tecnología consiste en mantener cierta comunidad bacteriana en animación suspendida, haciendo posible su almacenamiento hasta por 18 meses, debiendo luego ser activada para su aplicación, con el fin de obtener la máxima eficiencia en el tratamiento. En general, las familias de bacterias aceleran la remoción de Demanda bioquímica de oxígeno (DBO), Demanda química de oxígeno (DQO), sólidos en suspensión (SS), grasas, rompe cadenas de proteínas, almidones, celulosa y organismos muertos. De esta forma, la aplicación de bacterias es muy útil:

- En la disminución de lodos en plantas de tratamiento con lodos activados y lagunas de oxidación
- En la degradación de grasas en un sistema donde éste sea la principal problema
- En el mejoramiento o iniciación de los procesos de nitrificación, en plantas de tratamiento cuya Problemática sea el nitrógeno amoniacal.<sup>3</sup>

### **3.5 VOLUMEN Y CONTENIDO DE LAS AGUA RESIDUALES EN MATADEROS PARA AVES.**

El proceso de sacrificio se lleva a cabo en serie, con un volumen diario de 6.000 a 12.000 unidades por hora.

En la planta, las canastas o guacales usadas para el transporte de las aves de la granja al matadero se les lava y, finalmente se desinfectan. Durante el proceso de producción, es decir, al sacrificar, escaldar, desplumar, cortar patas, extraer

---

<sup>3</sup> Torres, Ricardo. Proceso de Bioinstrumentación en Aguas residuales, Pág. 26. Disponible en la red <http://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/478/478>.

intestinos, cortar cabezas y cuellos, etc., los animales se lavan en la línea mediante duchas.<sup>5</sup>

La sangre que se recoge en canales, por lo general, se recolecta, se almacena provisionalmente y después se pasa al procesamiento técnico (harina de sangre). Las plumas junto con las vísceras no comestibles, restos de piel, carne y contenido intestinal, se transportan por medio de canales con agua al separador de plumas y, de aquí, directamente al lugar de utilización de desechos. Estos se utilizan para la producción de harinas mixta de pollo, la cual tiene un valor nutricional en la fabricación de concentrados para aves. Por lo general estas plantas productoras de Harina de pollo están paralelas a la planta de procesamiento o mataderos.<sup>5</sup>

Una vez en el matadero las jaulas llenas de las aves vivas, se transportan desde la rampa de descarga hasta la báscula automática y a la zona donde inicia el proceso, utilizando para ello bandas transportadoras o vía de rodillos.

### 3.6 ETAPAS DEL PROCESO INDUSTRIAL

El proceso en los mataderos de aves se esquematiza con el siguiente diagrama de flujo:



**Diagrama 1.** Las etapas del proceso Industrial (Autor)

<sup>5</sup> Cervantes, López Eduardo. Junio del 2.002. El pollo, paso a paso su procesamiento industrial, Ediciones científica Beta E.U.

### Colgado.

Después de pesadas se extraen las aves de las jaulas y se suspenden por las patas de los ganchos individuales de que está provista la cinta o cadena de transporte. La extracción de las jaulas y la suspensión de la cadena son operaciones que deben realizarse con mucho cuidado para evitar traumatismos mecánicos (contusiones, hematomas y heridas de los miembros), que dañarían la calidad de las canales. Las jaulas vacías se pesan a continuación (tara) y pasan finalmente a la instalación de lavado y desinfección. Actualmente hay dos formas de capturar las aves vivas antes de ser colgadas en el transportador aéreo: una consiste en sacarlas de las jaulas cogiéndolas por las patas y la otra, en tomarlas de un área donde se encuentran a granel; este último sistema es mucho más eficiente. Independientemente del método que se emplee, las aves deben cogerse con habilidad y cuidado, a fin de no causarles ningún tipo de lesión. De igual manera, el enganche en el transportador aéreo demanda el mismo esmero de parte del personal, para que los animales no sufran ningún tipo de contusiones.<sup>5</sup>

Una vez las aves han sido colocadas en el transportador aéreo, su pechuga debe ser rozada por una superficie construida en lámina de acero inoxidable, banda plástica o tubo de PVC, para que comiencen a tranquilizarse. Luego, al salir del área de enganche, las aves deben entrar a una especie de túnel fabricado preferiblemente en lona plástica color oscuro. El tiempo recomendable oscila entre los 20 y 40 segundos para que las aves se relajen totalmente, antes de ingresar al proceso de atontamiento. Complementariamente, el recinto donde las aves vivas se cuelgan en el transportador aéreo, debe estar iluminado con luz roja o preferiblemente azul, para lograr mantenerlas tranquilas.<sup>5</sup>

### Atontamiento

Una vez colgadas, las aves vivas pasan por un dispositivo de insensibilización. El aturdimiento tiene que ser rápido y de efecto persistente. No es conveniente que produzca la muerte inmediata del animal, ya que el corazón debe seguir latiendo al principio intra mortem para que pueda impulsar activamente la sangre en el momento de practicar la sangría. Esta es la única forma de desangrar bien a los animales. Este procedimiento previo a la matanza, consiste en crear un estado de inconsciencia en las aves y se lleva a cabo por varias razones:

- Mantenerlas inmovilizadas para que el sacrificio se haga con facilidad y precisión.
- Disminuir el dolor que sienten los animales durante la matanza
- Reducir el estrés que se origina durante el proceso de desangre

---

<sup>5</sup> Cervantes, López Eduardo. Junio del 2.002. El pollo, paso a paso su procesamiento industrial, Ediciones científica Beta E.U.

- Lograr un continuo estado de quietud durante el desangre. Esto es suprimir el aleteo característico en las aves no atontadas.
- Disminuir el tiempo de desangre, ya que las aves permanecen inmóviles durante el recorrido por el túnel.<sup>5</sup>

Actualmente el método generalizado para insensibilizar las aves consiste en hacer pasar su cabeza a través de un depósito que contiene agua con sal electrificada. La tensión eléctrica variara dependiendo del tamaño de las aves pero el promedio usual es de 20 a 40 voltios durante 10 segundos aproximadamente.

Existe un método empírico para verificar la calidad del atontamiento, el cual consiste en descolgar un ave inmediatamente sale del atontador, colocarla en el piso y comenzar a contabilizar el tiempo. Si ésta despierta a los dos minutos aproximadamente e intenta levantarse y caminar, significa que es correcta la descarga eléctrica aplicada. Si lo hace antes, ha sido insuficiente y durante su desangre puede comenzar a aletear por haber recobrado su estado de conciencia. Si no despierta, es síntoma de que la corriente aplicada ha sido demasiado y, por lo tanto, ha podido quedar electrocutada. En este caso, el animal puede recibir daños en el corazón y en el hígado.<sup>5</sup>

Las fallas que se presentan con este método de atontamiento pueden ser resultado de:

- Un deficiente contacto de las cabezas con el agua, debido a un inapropiado ajuste de la altura del depósito o a un bajo nivel de agua.
- Un cierre inadecuado del circuito debido a un mal conteo de las guías metálicas con los ganchos.
- Un voltaje incorrecto, generalmente alto, que ocasiona una irrigación mayor de sangre hacia las alas, hecho que afecta la calidad final del producto. Un buen atontamiento significa que la corriente debe pasar por todo el cuerpo y llegar hasta el cerebro.<sup>5</sup>

### Sacrificio y desangre

El sacrificio de las aves se realiza en forma manual o automática.

#### *Método manual:*

Existen varios métodos para realizar la matanza de las aves:

- Corte de la vena yugular de un solo lado del cuello sin interrumpir el ligamento entre la cabeza, la tráquea, y el esófago.

---

<sup>5</sup> Cervantes, López Eduardo. Junio del 2.002. El pollo, paso a paso su procesamiento industrial, Ediciones científica Beta E.U.



- Incisión transversal muy cerca del oído practicada con un cuchillo de hoja delgada y de doble filo- tipo puñal-, que pasa entre la tráquea y la parte trasera de las vértebras del cuello.
- Introducción de un cuchillo por la boca para cortar las dos (2) venas yugulares. Este método tiene la ventaja de no afectar la presentación exterior del cuello. El más generalizado en el área industrial es el corte de la vena yugular de un solo lado del cuello.

La persona encargada de la matanza debe ubicarse a una distancia de la salida del atontador equivalente, en términos de tiempo, a unos diez segundos aproximadamente, lapso a partir del cual el corazón reinicia los latidos.

El operario debe cortar con habilidad y precisión la vena yugular, dejando intactos la tráquea, los huesos del cuello y los tejidos profundos para prevenir la pérdida de cabeza durante la operación del pelado.<sup>5</sup>

Es sumamente importante que el corte realizado no lacere la traquea, para que las aves continúen respirando y, de esta manera facilitar su inmediato proceso de desangre. De lo contrario, morirán casi instantáneamente y no desangraran en la forma adecuada.<sup>5</sup>

Antes de iniciarse el proceso, los cuchillos a utilizar durante la jornada deben estar debidamente afilados y desinfectados. El rendimiento del operario no solo dependerá de su pericia sino del buen filo del cuchillo.<sup>5</sup>

#### *Método automático*

La utilización del matador automático – Killer- no excluye el empleo de personas para esta tarea, ya que siempre se requiere la presencia de un trabajador ubicado después de la máquina, quien sacrifica las aves que, por alguna circunstancia, no pasaron a través de la cuchilla.<sup>5</sup>

Una vez sacrificadas, las aves inician su desangrado en un estado de quietud y verticalidad, debido a que han sido atontadas previamente. Por lo general, la mayor parte de la sangre la botan en la primera mitad del recorrido. La sangre representa aproximadamente el 7% del peso vivo de las aves. Durante el desangre, estas pierden alrededor del 50% del total de su sangre. El tiempo promedio para lograr un buen desangre que incluye la muerte del animal es de 2 a 2.5 minutos.

Las aves se desangran sobre un canal con pendiente suficiente y fácil de limpiar, construido de tal manera que no salpique afuera. Hay que cuidar que la sangre no



entre en contacto con otros efluentes líquidos, para luego ser utilizada en la elaboración de harina de sangre.<sup>5</sup>

Un desangre deficiente causa los siguientes problemas:

- Baja calidad del producto final.
- Desarrollo de sabores indeseables.
- Apariencia desagradable.

Las aves mal sangradas tienen poca demanda en el mercado, debido a su aspecto rojizo, usualmente localizado a la altura de la pechuga, el cuello y las puntas de las alas.<sup>5</sup>

### Escaldado



**Figura 2.** Escaldado (Autor).

Esta importantísima y delicada operación consiste en humedecer muy bien las plumas y aflojar los folículos de las mismas mediante el uso de agua caliente. Las aves ingresan al equipo escaldador durante unos minutos (ver figura 2).

Un buen escaldado resulta de combinar dos variables acertadamente imprescindibles: Tiempo y temperatura.

El tiempo normalmente utilizado en las plantas oscila entre 1.5 y 3.5 minutos.<sup>5</sup>

Dependiendo de la temperatura del agua, el escaldado se denomina generalmente de dos maneras.

- Suave: 51,1°C - 53,8°C.
- Alto: 54,4° - 60°C

---

<sup>5</sup> Cervantes, López Eduardo. Junio del 2.002. El pollo, paso a paso su procesamiento industrial, Ediciones científica Beta E.U.

A medida que la temperatura se incrementa se disminuye el tiempo, a fin de evitar una deshidratación en las aves estimada entre 0,5 % y 1% del peso vivo.<sup>5</sup>

Cuando las aves se escaldan suavemente, durante la operación de pelado mantienen su epidermis, que es de color amarillo.

Las aves escaldadas a una alta temperatura pierden la epidermis durante el pelado, por lo tanto, queda solo la dermis, que es de color blanco.

El nivel de agua recomendado al cual debe llenarse la escaldadora corresponde a cuando los ganchos quedan sumergidos aproximadamente 3 pulgadas, para facilitar que las cutículas de las patas también se escapen.<sup>5</sup>

Como las aves, durante su proceso de inversión, se llevan parte del agua, es recomendable reponerla a razón de un litro por ave. Para que esta entrada permanente de agua no vaya a crear alteraciones significativas de la temperatura en el sitio donde cae en el tanque, algunas plantas colocan una flauta - tubería perforada a lo largo de todo el depósito para que su reparto sea más uniforme.<sup>5</sup>

Durante el proceso debe observarse que las aves permanezcan sumergidas, para que el humedecimiento de las plumas sea total.

### Pelado

Esta operación siguiente al escaldado consiste en remover todas las plumas de las aves sin causarle maltrato alguno a la piel.



**Figura 3.** Pelado (Autor).

Como se observa en la figura 3, los pollos ingresan a un equipo de pelado en el que se extraen las plumas. El equipo consta de dedos de goma que giran sobre

---

<sup>5</sup> Cervantes, López Eduardo. Junio del 2.002. El pollo, paso a paso su procesamiento industrial, Ediciones científica Beta E.U.

ejes en sentido inverso. Los pollos pasan entre esos dedos, eliminando las plumas que caen en la parte inferior del bastidor del equipo.<sup>5</sup>

### Lavado del ave

Una vez que las aves han sido peladas, son sometidas a un lavado con agua fresca antes de ser enviadas a la sección siguiente: Evisceración, para bajar un poco su temperatura exterior y eliminar restos de suciedad, las carcasas ingresan en un equipo duchador. El mismo consta de un gabinete donde las aves colgadas reciben una lluvia a presión con un flujo direccional que abarca toda la carcasa. La función de este lavado es eliminar coágulos, y otros contaminantes adheridos a la superficie de las canales. El agua utilizada en este proceso debe ser potable.<sup>5</sup>

Después del lavado y antes del eviscerado son eliminadas patas y cabezas.

### Evisceración

El proceso de evisceración consiste en realizar Una serie de operaciones previamente ordenadas con el fin de extraer los órganos internos de las aves.<sup>5</sup>

El ave sin pluma, cabeza ni patas es colgada y transferida en una noria independiente hacia la zona de evisceración. Allí, mediante equipos automáticos, o en forma manual, se efectúan los cortes abdominales necesarios para la extracción de las vísceras.<sup>5</sup>

En esta etapa, hay que tener mucho cuidado a fin de evitar rupturas del aparato digestivo que pueda contaminar la superficie de la carcasa. Un factor importante es tener en ayunas a las aves 8 horas antes de la faena para evitar contaminaciones por rotura de vísceras. Luego de haber extraído los manudos y vísceras comestibles, el ave es sometida a un lavado de la superficie externa y de la cavidad interna con agua potable corriente y clorada, a presión.<sup>5</sup>

En América latina, se ha ido masificando el uso de la evisceración automática, dado el crecimiento gradual de los mercados, que demanda la realización de un trabajo eficiente con la menor cantidad de mano de obra, a pesar de que esta es relativamente económica.<sup>5</sup>

A continuación se detalla cada uno de los pasos seguidos en la evisceración de las aves.

Corte de la tráquea y el esófago: Con el fin de facilitar posteriormente la extracción del buche y del esófago se corta este último y la tráquea a la altura de la parte inferior de la cabeza, con un cuchillo no mayor de cuatro pulgadas de longitud.<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> Cervantes, López Eduardo. Junio del 2.002. El pollo, paso a paso su procesamiento industrial, Ediciones científica Beta E.U.

Extracción de la cloaca: Se hace generalizado el uso de pistolas neumáticas. También se puede realizar con cuchillo, pero se corre el riesgo de remover más carne de lo necesario. Este último método suele producir una merma del 0.25% sobre el rendimiento final, debido a la cantidad excesiva de piel y de grasa que se quita de la cloaca.<sup>5</sup>

La operación consiste en introducir por la cloaca del animal la cuchilla circular de la pistola - cuyo diámetro es de  $\frac{3}{4}$  pulgadas – teniendo el cuidado de incluir en el área de corte la bolsa de Fabricio, se debe estar seguro de no cortar el intestino al momento de operar la pistola, para evitar el derramamiento de materia fecal. Cada vez que se saca la cloaca, debe presionarse la válvula del agua de la pistola, para evitar que esta se obstruya y que la suciedad de un pollo pase a otro, contaminándolo. También debe tenerse especial cuidado para que esta agua no caiga sobre las aves que se están procesando.<sup>5</sup>

Apertura del abdomen: se puede realizar manual o automáticamente. En forma automática, se disminuye el riesgo de contaminación fecal por la estandarización de corte. La operación se efectúa haciendo un corte de 5 Cms. De largo aproximadamente, Un dedo debajo de la pechuga si es longitudinal, entre los muslos, si es transversal. No debe cortarse más de esta longitud, para evitar que el pollo quede muy abierto, lo cual afea su presentación final.<sup>5</sup>

Extracción de vísceras .Esta cuidadosa operación se realiza manualmente sosteniendo la carcasa del ave con una mano e insertando los dedos de la otra por el corte efectuado en el abdomen, de manera tal que los tres dedos del medio, extendidos, se deslizan a través de las vísceras hasta el corazón, apretándose suavemente con una torsión leve, sacando las vísceras de la cavidad abdominal, dejándose todas del mismo lado.<sup>5</sup>

Debe tenerse suma precaución para no contaminar la cavidad abdominal con el contenido intestinal o del buche, porque allí es donde se encuentran las bacterias que aceleran la descomposición de los pollos. Así mismo no debe dañarse la vesícula biliar, para que no se esparza su contenido, que mancharía las aves interna y/o externamente.<sup>5</sup>

Las grandes plantas realizan esta operación automáticamente con una máquina que cuenta con una cuchara de acero inoxidable que extrae eficiente y cuidadosamente el paquete intestinal, además de los pulmones sin dañarlos.

Retiro del hígado, corazón, molleja y grasa. Inicialmente se desprenden del paquete de vísceras el hígado y el corazón, dejando solo en el ave la molleja con su grasa. Las restantes vísceras no comercializables se botan al canal de evisceración para su envío a la planta de aprovechamiento de desperdicios, Una

---

<sup>5</sup> Cervantes, López Eduardo. Junio del 2.002. El pollo, paso a paso su procesamiento industrial, Ediciones científica Beta E.U.

vez separado el hígado se retira la vesícula biliar, teniendo el cuidado de no reventarla para evitar contaminación con la hiel. Limpios el hígado y el corazón, se envía al enfriador correspondiente.<sup>5</sup>

A continuación, se retira la grasa de la molleja y se coloca en un enfriador para su debida conservación hasta su empaque. En promedio, un ave produce 25 gramos de grasa. Este producto tiene gran demanda por parte de los fabricantes de embutidos.<sup>5</sup>

Por último, la molleja se separa cortando primero el frente del pro ventrículo y luego el comienzo del duodeno; este procedimiento puede hacerse manual o automáticamente. Consiste en abrirla con tijeras o cuchillos, limpiar su interior con agua y retirar, con el uso de rodillos especiales, el epitelio o cutícula amarilla que está en su interior. Luego se envía al enfriador respectivo para su conservación.<sup>5</sup>

Corte de la vértebra del pescuezo: este corte se efectúa en la parte más baja del cuello, o sea, a una pulgada del inicio del cuerpo del ave y con el dedo pulgar de la otra mano se presiona hacia abajo para estirar la piel. Esta operación se realiza con tijeras manuales o neumáticos; así como también automáticamente, dependiendo de la cantidad de aves procesadas en las plantas.<sup>5</sup>

Extracción de buche y tráquea. Su retiro se hace en una tracción suave de la cabeza hacia abajo, pero teniendo cuidado de que esta no se desprenda totalmente, para que el buche no se reviente, lo cual imposibilita su retiro.<sup>5</sup>

Para extraer el buche, se introduce el dedo índice por el orificio del cuello y se presiona hacia abajo, evitando que se derrame su contenido. Al momento del desprendimiento del pescuezo, se debe dejar una porción de piel de 2 o 3 pulgadas de largo pegada al cuerpo – carcasa – esta práctica se lleva a cabo para no solo para dar mejor apariencia al producto final al momento del empaque, sino también para venderlo a un precio más alto que el que se podría lograr de otra manera.<sup>5</sup>

Extracción de pulmones. Antes de realizar esta operación, deberá observarse que no haya ningún órgano dentro del cuerpo del pollo, como restos de intestinos o mollejas. Si los hay, deberán extraerse antes. La remoción de los pulmones y de los órganos reproductivos puede hacerse por medio de un rastrillo de mano o con una pistola de vacío. Su extracción debe llevarse a cabo teniendo el cuidado de no extraer los riñones, ni la grasa abdominal.<sup>5</sup>

Lavado de la carcasa. El lavado de la carcasa se efectúa con unas condiciones de presión y volumen de agua predeterminada. En esta parte del proceso se recomienda preferiblemente el empleo de agua fría para su lavado tanto interior

---

<sup>5</sup> Cervantes, López Eduardo. Junio del 2.002. El pollo, paso a paso su procesamiento industrial, Ediciones científica Beta E.U.

como exterior, como antesala a su enfriamiento. Como resultado de ello, la canal se hidrata interiormente en un promedio de un 3%.<sup>5</sup>

Corte de patas. Se debe hacer exactamente en el sitio de la articulación de la pata y el muslo. Esta operación se puede efectuar en el transportador aéreo de escaldado y pelado, después del lavado general, donde las aves caen a un tobogán – shut – que las conduce al área de evisceración. Las patas continúan en los ganchos y luego son descolgadas manual o automáticamente, cayendo a una peladora tubular que les retira la cutícula. Posteriormente son enviadas al chiller respectivo para su transitoria refrigeración.<sup>5</sup>

### Enfriamiento

Pre-enfriamiento de la carcasa. El objetivo primordial de esta fase es el lavado de la carcasa y su hidratación, para así disminuir o retardar el crecimiento bacteriano, causante principal de cambios deteriorantes, así como para ayudar al ablandamiento de la carne. Es por ello que su manejo debe orientarse principalmente a la limpieza, renovación, desinfección y agitación del agua empleada en esta función. El enfriamiento de las canales en el pre-chiller se limitara a la aproximación de su temperatura interna a la del agua: 15°C / 59°F. En climas cálidos, los requerimientos de hielo son mayores que en otros. Por tanto, se acostumbra a conectar el rebosadero del chiller al pre-chiller, con el fin de aprovechar la menor temperatura del agua que tiene el chiller final en la conservación de la temperatura del agua del pre-enfriador. Generalmente el tiempo de permanencia de la canal en este equipo oscila entre 10 y 15 minuto.<sup>5</sup>

La hidratación final de las carcasas se obtiene durante el enfriamiento y pre-enfriamiento. Dependiendo de la temperatura del agua, la hidratación será mayor o menor. En consecuencia, la planta establece la temperatura del agua en el pre-chiller, dependiendo del grado de hidratación que desee obtener. Generalmente, se trabaja con el agua a temperatura ambiente.

Enfriamiento Final. Su objetivo es enfriar y terminar de hidratar la canal, puede realizarse por varios métodos: aire, agua con hielo, nitrógeno líquido, etc. El método más comúnmente usado es el de la inmersión en agua con hielo, ya que es el más económico y eficiente de los sistemas de enfriamiento. El agua en estado líquido tiene un coeficiente de transferencia de calor más alto que cualquier gas a la misma temperatura. Por consiguiente el enfriamiento por inmersión es más rápido y eficiente que el enfriamiento por medio de gas.<sup>5</sup>

Las aves se introducen en un recipiente que contiene agua helada o con hielo a una temperatura cercana a 0°C, por espacio de 30 a 45 minutos aproximadamente. Durante su permanencia son sometidas a una agitación

---

<sup>5</sup> Cervantes, López Eduardo. Junio del 2.002. El pollo, paso a paso su procesamiento industrial, Ediciones científica Beta E.U.

permanente para que su enfriamiento sea homogéneo y constante. La temperatura de la carne del ave medida en la pechuga debe ser 2°C o inferior, para reducir la pérdida de hidratación posterior.<sup>5</sup>

Cada ave demanda en promedio entre 1 y 1.5 kilos de hielo por kilo de carne para su enfriamiento. De igual manera, el nivel de reposición del agua del chiller debe ser en promedio de 1 litro por ave.<sup>5</sup>

La canal sale automáticamente del enfriador final y es colocada inmediatamente por uno de sus muslos o alas en los ganchos del transportador aéreo de escurrimiento. Se denomina así, ya que su propósito es lograr que drene parte del agua que se halla depositado en los bolsillos que se forman entre la cavidad abdominal y la piel, así como también entre esta y la carne. Su recorrido en el transportador aéreo es de 2 minutos y 30 segundos aproximadamente.<sup>5</sup>

### Empaque



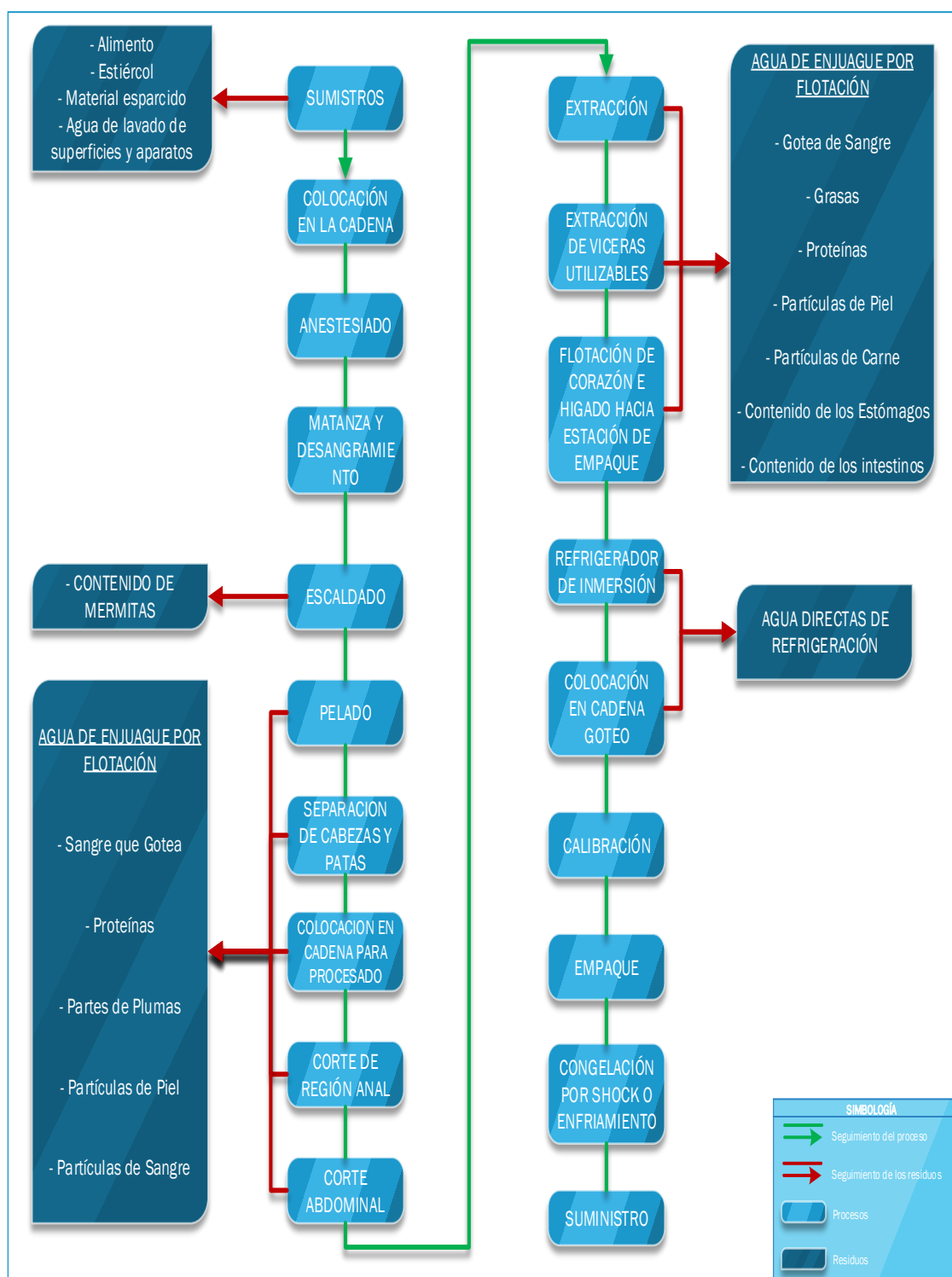
**Figura 4.** Empaque del producto en una planta procesadora. (Autor)

Las aves que han cumplido con todas las normas de calidad son empacadas con o sin menudencia, de acuerdo con la demanda del mercado.

---

<sup>5</sup> Cervantes, López Eduardo. Junio del 2.002. El pollo, paso a paso su procesamiento industrial, Ediciones científica Beta E.U.







### 3.7 MARCO CONCEPTUAL

**Aguas residuales:** Agua que contiene material disuelto y en suspensión, luego de ser usada por una comunidad o industria.

**Aireación:** Proceso de transferencia de masa, generalmente referido a la transferencia de oxígeno al agua por medios naturales (flujo natural, cascadas, etc.) o artificiales (agitación mecánica o difusión de aire comprimido).

**Sedimentación:** Proceso físico de clarificación de las aguas residuales por efecto de la gravedad. Junto con los sólidos sedimentables precipita materia orgánica del tipo putrescible.

**Biodegradación:** Degradación de la materia orgánica por acción de microorganismos sobre el suelo, aire, cuerpos de agua receptores o procesos de tratamiento de aguas residuales.

**Bioaumentación:** aplicación de microorganismos seleccionados para mejorar las poblaciones microbianas de una instalación de tratamiento de aguas residuales.

**Carga orgánica:** Producto de la concentración media de DBO por el caudal medio determinado en el mismo sitio; se expresa en kilogramos por día (kg/d).

**Demanda Bioquímica:** de Oxígeno (DBO) ó Demanda de oxígeno: Cantidad de oxígeno usado en la estabilización de la materia orgánica carbonácea y nitrogenada por acción de los microorganismos en condiciones de tiempo y temperatura especificados (generalmente cinco días y 20°C). Mide indirectamente el contenido de materia orgánica biodegradable.

**Demanda Química de Oxígeno (DQO):** Medida de la cantidad de oxígeno requerido para oxidación química de la materia orgánica del agua residual, usando como oxidantes sales inorgánicas de permanganato o dicromato en un ambiente ácido y a altas temperaturas.

**Sólidos Suspendidos Totales:** Es la porción de sólidos retenidos por un filtro de fibra de vidrio que posteriormente se seca a 103-105°C.

**Eficiencia de tratamiento:** Relación entre la masa o concentración removida y la masa o concentración en el afluente, para un proceso o planta de tratamiento y un parámetro específico; normalmente se expresa en porcentaje.

**Afluente:** Agua residual u otro líquido que ingrese a un reservorio, o algún proceso de tratamiento.

**Efluente:** Líquido que sale de un proceso de tratamiento.

**Lodos activados:** Procesos de tratamiento biológico de aguas residuales en ambiente químico aerobio, donde las aguas residuales son aireadas en un tanque que contiene una alta concentración de microorganismos degradadores. Esta alta concentración de microorganismos se logra con un sedimentador que retiene los flóculos biológicos y los retorna al tanque aireado.

**Planta piloto:** Planta de tratamiento a escala de laboratorio o técnica, que sirve para el estudio de la tratabilidad de un desecho líquido o la determinación de las constantes cinéticas y los parámetros de diseño del proceso.

**Inoculo:** es una mezcla sinérgica de bacterias vivas naturales específicamente seleccionadas.<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup> Decreto 1594 de 1984, Derogado por el art. 79, Decreto Nacional 3930 de 2010, salvo los arts. 20 y 21.

### 3.8 MARCO LEGAL

#### Decreto 3930 de 2010 (Revisión)

##### *Capítulo III Parámetros Obligatorios A Monitorear En Los Vertimientos Puntuales.*

*Artículo 15. Parámetros Físicoquímicos de Medición Obligatoria:* Para la caracterización de los vertimientos, los parámetros que deben medirse In Situ para cada una de las muestras tomadas del mismo son los siguientes:

pH (Unidades de pH)  
Temperatura (°C)  
Sólidos Sedimentables (mL/L)  
Conductividad Eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )  
Caudal Volumétrico (L/s)

Igualmente, debe realizarse el análisis de los siguientes parámetros en la(s) muestra(s) puntual(es) o compuesta(s) representativas, obtenidas de la caracterización del vertimiento y aplicando lo establecido en el Protocolo para el Monitoreo de los Vertimientos definido en el artículo 34 del Decreto 3930 de 2010, modificado con el artículo 2 del Decreto 4728 de 2010:

Acidez Total (mg/L  $\text{CaCO}_3$ )  
Alcalinidad Total (mg/L  $\text{CaCO}_3$ )  
Dureza Cálcica (mg/L  $\text{CaCO}_3$ )  
Dureza Total (mg/L  $\text{CaCO}_3$ )  
Color Real ( $\text{m}^{-1}$ )

Medidas de absorbancia a las siguientes longitudes de onda:

$\lambda$  (1) = 436 nanómetros  
 $\lambda$  (2) = 525 nanómetros  
 $\lambda$  (3) = 620 nanómetros

Los valores de la medición de Conductividad Eléctrica, Caudal, Acidez Total, Alcalinidad Total, Dureza Cálcica, Dureza Total y Color Real, deben reportarse en los informes de cada caracterización realizada de acuerdo con el plan de monitoreo contemplado.

*Artículo 16. Parámetros Microbiológicos de Medición Obligatoria:* Se tomará como el principal indicador de contaminación fecal la determinación de coliformes termotolerantes (antiguamente denominados como fecales) y *Escherichia coli*.

Si existieran eventos y situaciones de fuerza mayor o caso fortuito con riesgo sanitario, donde fuera necesario la detección de patógenos, se realizaría la

determinación de: Bacterias, Virus (Fagos), Protozoarios (Giardia y *Cryptosporidium*) y Parásitos (Helmintos).

Todos los vertimientos puntuales de aguas residuales a cuerpos de agua superficiales deben ser sometidas a tratamiento, de tal manera que la concentración en el vertimiento sea menor o igual a  $1,0 \times 10^5$  en unidades de Número más Probable (NMP/100 mL) de *Escherichia coli*.

#### *Capítulo IV. Parámetros Generales A Monitorear En Los Vertimientos Puntuales Y Valores Límite Máximos Permisibles.*

**Artículo 18.** Valores Límite Máximos Permisibles en los Vertimientos Puntuales de los Parámetros de pH y Temperatura. Los valores límites máximos permisibles en los Vertimientos Puntuales de los parámetros de pH y temperatura, de acuerdo con el sistema receptor, son:

Para vertimientos puntuales a un cuerpo de agua superficial son los siguientes.

**Tabla 3.** Parámetros de pH y Temperatura.

PARÁMETRO	UNIDADES	VALOR LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
pH	Unidades de pH	6,0 a 8,5
Temperatura	°C	La diferencia de temperatura en todo momento entre el vertimiento y el cuerpo de agua superficial receptor (aguas arriba del punto de vertimiento y por fuera de la influencia de la zona de mezcla), debe ser menor a 5,0 °C en función valor absoluto.

**Fuente:** decreto 3930, pág. 7

Para vertimientos puntuales a un alcantarillado público son los siguientes.

**Tabla 4.** Parámetros de pH y Temperatura

PARÁMETRO	UNIDADES	VALOR LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
pH	Unidades de pH	5,0 a 9,0
Temperatura	°C	< 40,0 °C

**Fuente:** Decreto 3930, pág. 8

Parágrafo. Se exceptúa del cumplimiento del valor límite máximo permisible en el parámetro de Temperatura (°C) definido en este artículo, las actividades comprendidas dentro del CIU 4010, para el cual se establece el mismo de forma específica en el artículo 54.

**Artículo 1.** Parámetros a monitorear en los vertimientos puntuales de aguas residuales de generadores que desarrollan actividades de los siguientes Códigos

CIIU: Sección A. Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca. Clases: Cría de aves de corral.

**Tabla 5.** Valores límites máximos permisibles

PARÁMETRO	UNIDADES	VALORES LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES	
		CUERPO DE AGUA SUPERFICIAL	ALCANTARILLADO PÚBLICO
Generales			
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L O <sub>2</sub>	600,0	800,0
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L O <sub>2</sub>	300,0	300,0
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	300,0	300,0
Sólidos Sedimentables (SSED)	mL/L	2,0	10,0
Material Flotante	mg/L	0,5	-
Grasas y Aceites	mg/L	20,0	100,0
Fenoles	mg/L	0,2	0,2
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	mg/L	5,0	8,0
Nutrientes			
Fósforo Total (P)	mg/L	1,0	5,0
Compuestos Nitrogenados			
Nitrógeno Total (N)	mg/L	20,0	-
Otros			
Residuos de ingredientes activos de plaguicidas.	mg/L	Aplicar Artículo 19.	

Fuente: Decreto 3930 de 2010

### Decreto 1594 de 1984 (junio 26)

#### *Capítulo VI. Del Vertimiento De Los Residuos Líquidos*

**Artículo 67.** Para el control del cumplimiento de las normas de vertimiento por parte de cada usuario, se deberá tener en cuenta que cuando la captación y la descarga se realicen en un mismo cuerpo de agua, en las mediciones se descontarán las cargas de los contaminantes existentes en el punto de captación.

**Artículo 68.** Los usuarios existentes que amplíen su producción, serán considerados como usuarios nuevos con respecto al control de los vertimientos que correspondan al grado de ampliación.

**Artículo 69.** Los responsables de todo sistema de alcantarillado deberán dar cumplimiento a las normas de vertimiento contenidas en el presente Decreto.

**Artículo 70.** Los sedimentos, lodos, y sustancias sólidos provenientes de sistemas de tratamiento de agua o equipos de contaminación ambiental, y otras tales como cenizas, cachaza y bagazo, no podrán disponerse en cuerpos de aguas superficiales, subterráneas, marinas, estuarinas o sistemas de alcantarillado, y

para su disposición deberá cumplirse con las normas legales en materia de residuos sólidos.

**Artículo 71.** Para efectos del control de la contaminación del agua por la aplicación de agroquímicos, se tendrá en cuenta:

- a. Se prohíbe la aplicación manual de agroquímicos dentro de una franja de tres (3) metros, medida desde las orillas de todo cuerpo de agua.
- b. Se prohíbe la aplicación aérea de agroquímicos dentro de una franja de treinta (30) metros, medida desde las orillas de todo cuerpo de agua.
- c. La aplicación de agroquímicos en cultivos que requieran áreas anegadas artificialmente requerirá concepto previo del Ministerio de Salud o de su entidad delegada y de la EMAR.
- d. Además de las normas contenidas en el presente artículo sobre aplicación de agroquímicos, se deberán tener en cuenta las demás disposiciones legales y reglamentarias sobre la materia.

**Artículo 72.** Todo vertimiento a un cuerpo de agua deberá cumplir, por lo menos, con las siguientes normas:

**Tabla 6.** Valores Permisibles del Decreto 1594 de 1984

Referencia		Usuario Existente	Usuario Nuevo
<b>pH</b>		5 a 9 unidades	5 a 9 unidades
<b>Temperatura</b>		< 40°C	< 40°C
<b>Material flotante</b>		Ausente	Ausente
<b>Grasas y aceites</b>		Remoción > 80% en carga	Remoción > 80% en carga
<b>Sólidos suspendidos Domésticos o industriales</b>		Remoción > 50% en carga	Remoción > 80% en carga
<b>Demanda bioquímica de oxígeno</b>	<i>Para desechos domésticos</i>	Remoción > 30% en carga	Remoción > 80% en carga
	<i>Para desechos industriales</i>	Remoción > 20% en carga	Remoción > 80% en carga

\*Carga máxima permisible (CMP), de acuerdo con lo establecido en los artículos 74 y 75 del presente Decreto.

**Fuente:** Decreto 1594 de 1984

### Comparación entre Decreto 1594 de 1984 y Decreto 3930 de 2010

**Tabla 7.** Límites Permisible Decreto 1594 y Decreto 3930.

Parámetros	Límites Permisibles Según el Art. 72 del Decreto 1594 de 1984	Límites Permisibles Según el Art. 18 y 27 del Decreto 3930 de 2010
Temperatura	< 40°C	-
pH	5 a 9 Unidades	6.0 a 8.5 Unidades
Oxígeno Disuelto	-	-
Conductividad	-	-
DBO5	Remoción > 20% en carga	300 mg/L
DQO	-	600 mg/L
Sólidos Suspendidos Totales	Remoción > 50% en carga	300 mg/L
Grasas y Aceites	Remoción > 80% en carga	50 mg/L

**Fuente:** Decreto 1594 de 1984 – Decreto 3930 de 2010

## **4. PLANTA PILOTO, UTILIZANDO AIREACIÓN EXTENDIDA Y MEZCLA COMPLETA.**

La planta piloto utilizada fue diseñada por estudiantes del programa de Ingeniería Ambiental de la Universidad de la Costa, bajo el marco de un proyecto de aula en las asignaturas: Teoría y Laboratorio de Tratamientos de aguas residuales.

### **4.1 DISEÑO PLANTA PILOTO**

**Tabla 8.** Dimensiones de la PTAR.

ETAPAS	Altura	Ancho	Diámetro
Tanque de Suministro	38cm	24cm	
Sedimentador Primario	35cm		26cm
Tanque de Aireación	19cm		26cm
Sedimentador Secundario	35cm		26cm
Tanque de Almacenamiento Final	19cm		26cm

**Fuente:** Tania López Fuentes.

**Tabla 9.** Parámetro de Diseño.

PARÁMETROS DE DISEÑO INICIALES	Dimensiones	
Caudal Entrada (Tanque Lleno)	0,0014 l/s	1,3725 ml/s
Caudal Entrada (Tanque Vacío)	0,0009 l/s	0,8824 ml/s
Caudal Salida (Tanque Lleno)	0,0016 l/s	
Caudal Salida (Tanque Vacío)	0,0009 l/s	
Q Promedio ENTRADA	0,0011l/s	
Q Promedio SALIDA	0,0012l/s	
Volumen Del Sedimentador Primario	6 L	
Volumen Del Tanque De Aireación	6 L	
Volumen Del Sedimentador Secundario	6 L	
Volumen Total De Los Tanques	18 L	

**Fuente:** Tania Lopez, Laura Sabalza, Laura Pérez, Roció Castellar, Planta de Tratamiento de agua residual con mezcla completa y Aireación Extendida, Universidad de la Costa, Barranquilla, Mayo 2013.

**Tabla 10.** Parámetro de Diseño.

TIEMPO DE RETENCIÓN	segundo	días	horas
	13114,28571	0,151785714	3,6429

**Fuente:** Tania Lopez Fuentes

**Tabla 11.** Parámetro de diseño.

PARAMETRO	VALOR	UNIDAD	VALOR	UNIDAD
CO (Entrada)	0,1601	mgDBO/s	13,8353	gDBO/d
COV (Entrada)	0,8441	mgDBO/s/ml	0,0729	gDBO/d/m3
Relación Alimento Microorganismo (A/M)	10,01590	gDBO/GssvIm*d		
Concentración Del Efluente (S)	121,7669	(mg/l)		
Biomasa En El Reactor (X)	2,5271	(mgSSV/l)		
Producción De Lodos (Px)	0,1927	kgSSV/d		
EDAD DE LODOS (1/θ <sub>c</sub> )	6,5882	Días		
EDAD MÍNIMA DE LODOS (1/θ <sub>cc</sub> )	6,4470	Días		

**Fuente:** Roció Castellar, Tania Lopez, Laura Pérez, Laura Sabalza, Planta de Tratamiento de agua residual con mezcla completa y Aireación Extendida, Universidad de la Costa, Barranquilla, Mayo 2013.



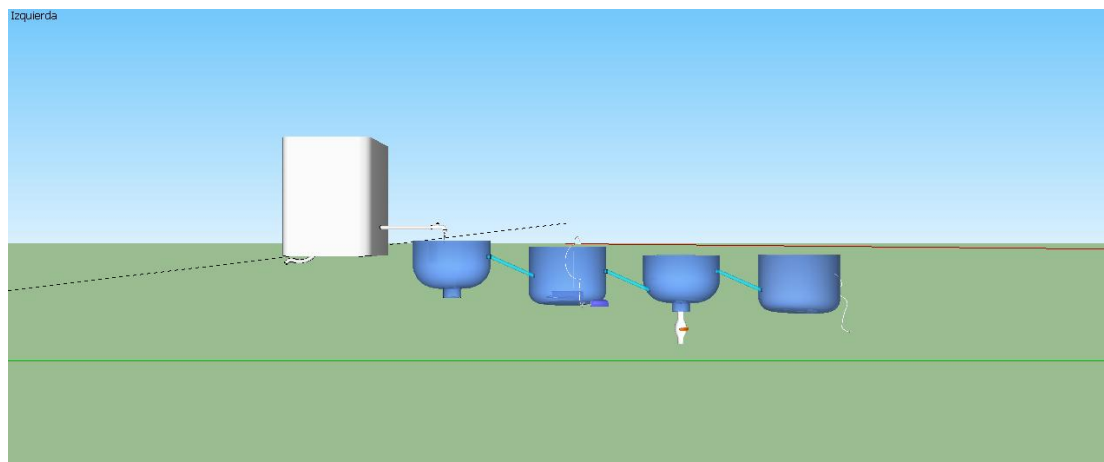
**Tabla 12.** Biodegradabilidad de AR de entrada

Días	fecha	BIODEGRADABILIDAD
		ENTRADA
0	29/04/2013	0,8
7	06/05/2013	1,3
10	09/05/2013	1,3
15	14/05/2013	0,9
21	20/05/2013	1,9
24	24/05/2013	2,2
36	05/06/2013	1,5
44	13/06/2013	1
48	17/06/2013	2

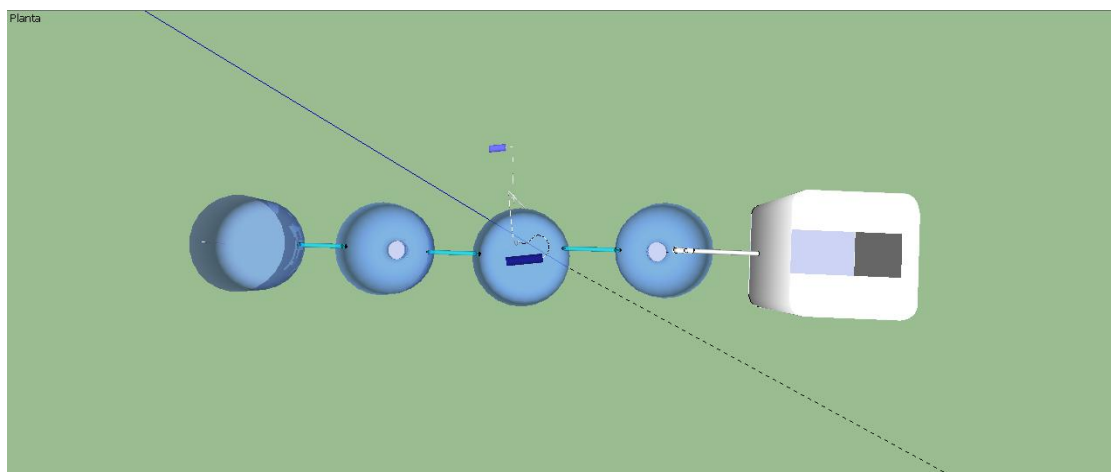
**Fuente:** Tania Lopez, Laura Sabalza, Laura Pérez, Rocío Castellar, Planta de Tratamiento de agua residual con mezcla completa y Aireación Extendida, Universidad de la Costa, Barranquilla, Mayo 2013.



**Figura 5.** Planta piloto. Fuente: Tania López Fuentes.



**Figura 6.** Vista frontal PTAR. Diseñado por Jeam Paul Arcón Solano (Google Sketchup®)



**Figura 7.** Vista en planta PTAR. Diseñado por Jeam Paul Arcón Solano (Google Sketchup®)

La planta piloto fue instalada en el Centro de Investigación De Tecnologías Ambientales, CITA. De la Universidad de la Costa. Todas las caracterizaciones se realizaron en el laboratorio de este centro de investigación.

## 5. MARCO METODOLÓGICO

### 5.1 METODOLOGIA:

La investigación se desarrolló a partir de un método cuantitativo y experimental donde se puso en práctica procedimientos fisicoquímicos, para la caracterización del agua residual proveniente de una planta de beneficio avícola, y así poner en marcha el funcionamiento de una planta piloto en la cual actuó la inoculación de bacterias.

La técnica empleada consistió desde la toma de muestras del agua a tratar, la caracterización de dicha agua, la inoculación del producto Ecobacter F M, a través del proceso de Bioaumentación utilizando una planta piloto, el análisis de resultados de acuerdo al tratamiento practicado y el análisis descriptivo estadístico.

La planta piloto utilizada fue diseñada en un proyecto de aula del programa de Ingeniería Ambiental.

El tanque de suministro de la PTAR fué alimentado con 20 litros de agua residual tomada tres horas después de haber iniciado el proceso de sacrificio de las aves.



**Figura 8.** Toma de muestras en planta Puropollo (Autor).

Las muestras se tomaron a la salida del separador de plumas y vísceras de la planta de sacrificio de aves de la empresa Industrias Puropollo s.a.s ubicada en la calle 30 N° 9-02 frente a la entrada al aeropuerto ( ver figura 6).

La PTAR se alimentó dos veces por semana (lunes y jueves). Se tomaron muestras a la entrada y salida de la PTAR para posteriormente caracterizar los parámetros físicoquímicos.

## 5.2 TECNICA UTILIZADA PARA LAS CARACTERIZACIONES

**Tabla 13.** Técnicas de los métodos analíticos

METODO DE REFERENCIA	DESCRIPCION	METODO ANALITICO
STM 4500 H + B	pH	Electrométrico
STM 2550 B	Temperatura	Electrométrico
STM 4500 O G	Oxígeno Disuelto	Electrométrico
STM 2510 B	Conductividad	Electrométrico
STM 5520 B	Grasa Y Aceites	Gramimétrico
STM 2520 B	Salinidad	Electrométrico
STM 5220 D	DQO	Fotométrico
STM 5210 B	DBO <sub>5</sub>	Winkler
STM 4500 Cl – B	Cloruros	Volumétrico
STM 2320 B	Alcalinidad Total	Volumétrico

Fuente: Standard Methods <sup>8</sup>

## 5.3 INOCULO COMERCIAL UTILIZADO

Para el presente trabajo, se utilizó el producto Ecobacter F M. Producto biológico para tratamiento de residuos en plantas de productos alimenticios (Ver ficha técnica y hoja de seguridad en Anexos).

### Ecobacter FM

Es una mezcla sinérgica de bacterias vivas naturales de clase I específicamente seleccionadas por su acelerada habilidad para metabolizar sólidos, grasas, cebos, proteínas, lípidos y otros contaminantes en dióxido de carbono y agua. Es un sistema biológico natural diseñado para reducir el DBO, DQO (ver anexo, ficha técnica)

Este producto contiene las siguientes bacterias:

- Bacillus subtilis
- Bacilles Licheniformus
- Bacillus megaterium
- Arthrobacter sp. (x2)
- Acinetobacter paraffineus
- Corynebacterium sp.

### Dosificación del inóculo comercial, Ecobacter FM

La dosis recomendada por el proveedor es de 40 ppm \* caudal (3,8 ml /día para la planta piloto). Dosis única, aplicada diariamente.

<sup>8</sup> APHA(American Public Health Association) – AWWA (American Water Works Association) – WEF (Water Environment Federation). 19 ed. 1995. Standard Methods. H, Franson Mary Ann.

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1 FASE I: ARRANQUE DE LA PLANTA PILOTO SIN INOCULO

La planta Piloto arranca sin inculo por un periodo de 48 días, tiempo en el cual alcanza su máxima eficiencia y se estabiliza.

#### Resultados obtenidos de los parámetros fisicoquímicos

En la primera fase, el muestreo realizado en el afluente y efluente de la planta piloto alimentada con agua residual de un matadero para aves, arrojó resultados correspondientes a las variables de DBO<sub>5</sub>, DQO, SST, pH, GRASAS Y ACEITES, CONDUCTIVIDAD, BIODEGRABILIDAD, OXIGENO DISUELTO, los cuales se observan en las tablas de la 14 a la 21 (ver anexos)

#### Análisis estadístico descriptivo

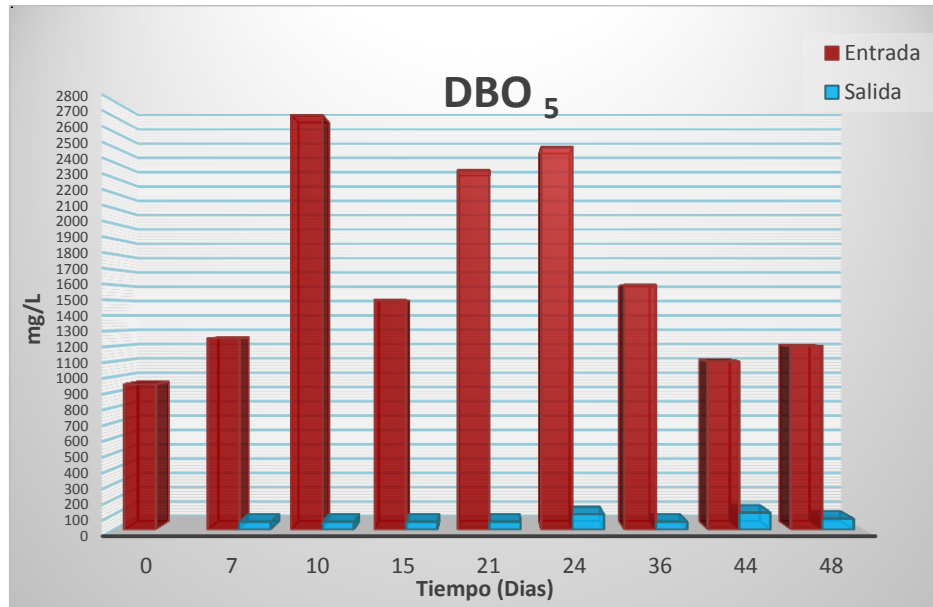
En la siguiente tabla, se observa el comportamiento de los parámetros estadísticamente

**Tabla 14.**Resultados Estadísticos descriptivos.

	N	Rango	Mínimo	Máximo	Suma	Media	Desv. típ.	Varianza
Temperatura de entrada	9	2,000	26,100	28,100	244,800	27,20000	,670820	,450
Temperatura de Salida	9	26,800	,000	26,800	206,700	22,96667	8,650867	74,837
pH de Entrada	9	,610	6,740	7,350	63,040	7,00444	,194365	,038
pH de Salida	8	,890	6,880	7,770	58,090	7,26125	,256985	,066
Oxígeno Disuelto de Entrada	11	3,090	,060	3,150	11,420	1,03818	1,202130	1,445
Oxígeno Disuelto de Salida	10	3,880	,400	4,280	26,370	2,63700	1,207035	1,457
Conductividad de Entrada	11	1,949	1,360	3,309	23,877	2,17064	,680537	,463
Conductividad de Salida	10	2,032	1,115	3,147	21,347	2,13470	,681314	,464
DBO5 de Entrada	9	1760,000	950,000	2710,000	15160,000	1684,44444	661,949981	438177,778
DBO5 de Salida	8	60,000	50,000	110,000	530,000	66,25000	25,035689	626,786
DQO de Entrada	9	1470,500	607,500	2078,000	11007,100	1223,01111	410,475457	168490,101
DQO de Salida	8	83,600	50,000	133,600	550,910	68,86375	31,918239	1018,774
SST de Entrada	11	1481,000	113,000	1594,000	6090,700	553,70000	427,831778	183040,030
SST de Salida	10	297,000	2,000	299,000	729,800	72,98000	95,343843	9090,448
Grasas y Aceites de Entrada	12	1200,450	42,800	1243,250	8138,640	678,22000	450,470340	202923,527
Grasas y Aceite de Salida	11	669,170	4,210	673,380	2793,040	253,91273	240,842782	58005,245
N válido (según lista)	8							

Fuente: Jeam Paul Arcón Solano Elaborado en IBM - SPSS Statistics19®

### Análisis de gráficas

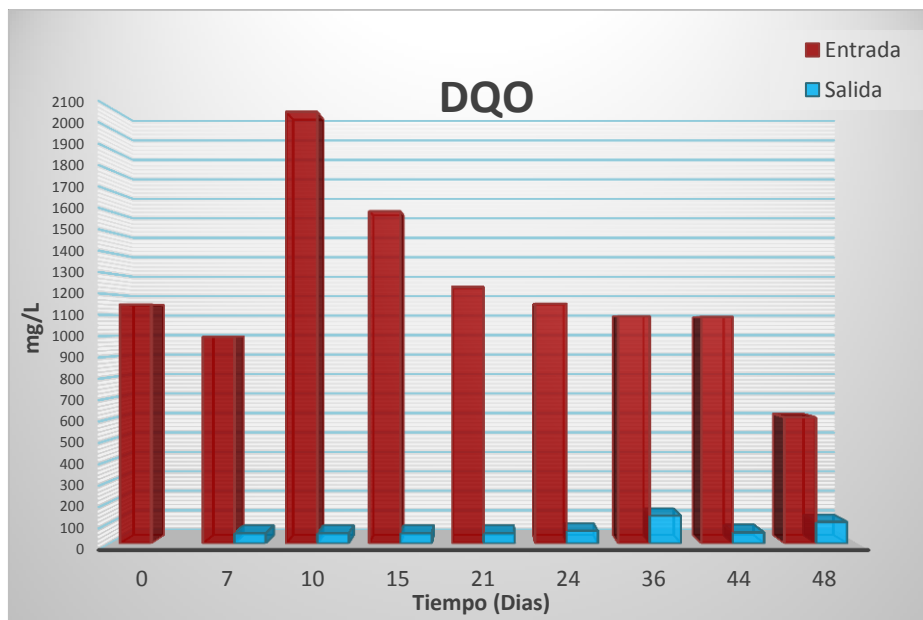


**Grafica 1.** Concentraciones de DBO5 en la Fase I

La concentración de DBO5 en el afluente de la Planta Piloto presento variaciones entre 950 mg/lit. y 2710 mg/lit mostrando un promedio de 1684 mg/lit. En la salida varía entre 50 mg/lit y 110 mg/l con un promedio de 66.25 mg/lit (ver tabla 14).

Como se puede observar, la planta tiene un comportamiento en la primera fase satisfactorio. En la primera caracterización presenta una remoción de DBO5 del 96%, alcanzando durante esta etapa un máximo del 98,2% para luego estabilizarse y terminar con una eficiencia promedio de 95,73 %.

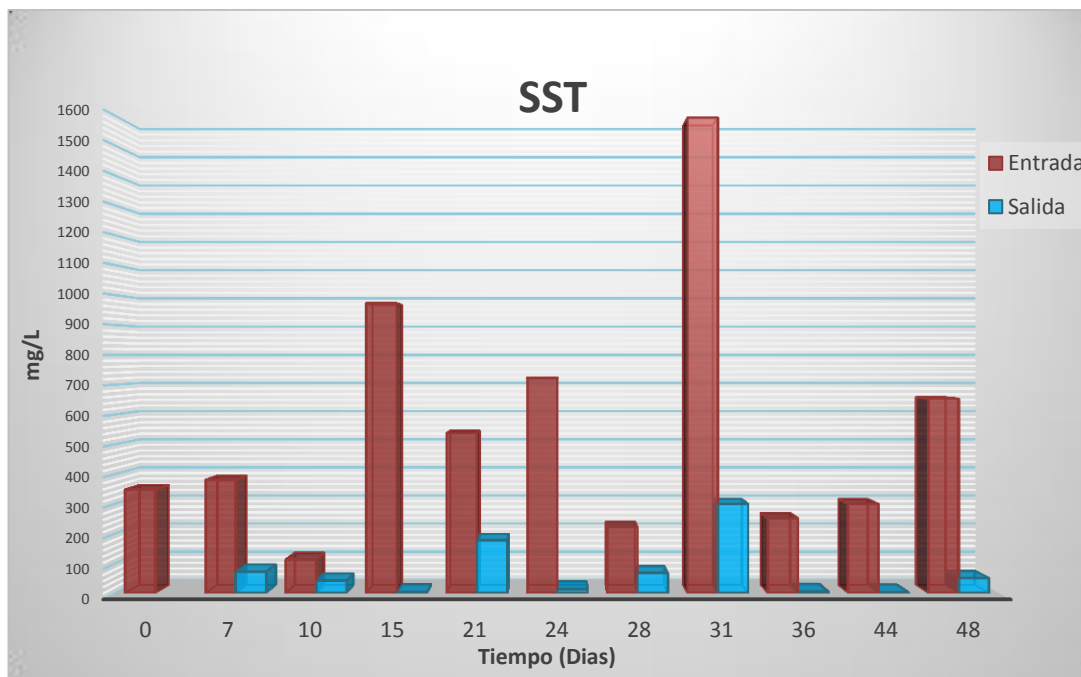
Si comparamos estos resultados con el decreto 1594 de 1984 la cual exige una remoción del 80%, encontramos que cumple con respecto a este parámetro ampliamente.



**Grafica 2.** Concentraciones de DQO en la Fase I

Realizando el análisis de esta grafica encontramos que la concentración de DQO en el afluente de la Planta Piloto presento variaciones entre 607.5 mg/lit. y 2078 mg/lit, presentando un promedio de 1223 mg/l; en la salida varía con valores entre 50 mg/lit. y 133.6 mg/lit con un promedio de 68.86 mg/lit, si estos valores los ven en términos de remoción obtenemos un promedio de 93.22% lo cual es bastante bueno (ver tabla 15).

Por otro lado, aunque el decreto 1594 /84 no se refiere a este parámetro en términos de remoción en el decreto 3930 de 2010 si se tiene en cuenta con respecto a la actividad de la empresa generadora del residuo y al cuerpo receptor.

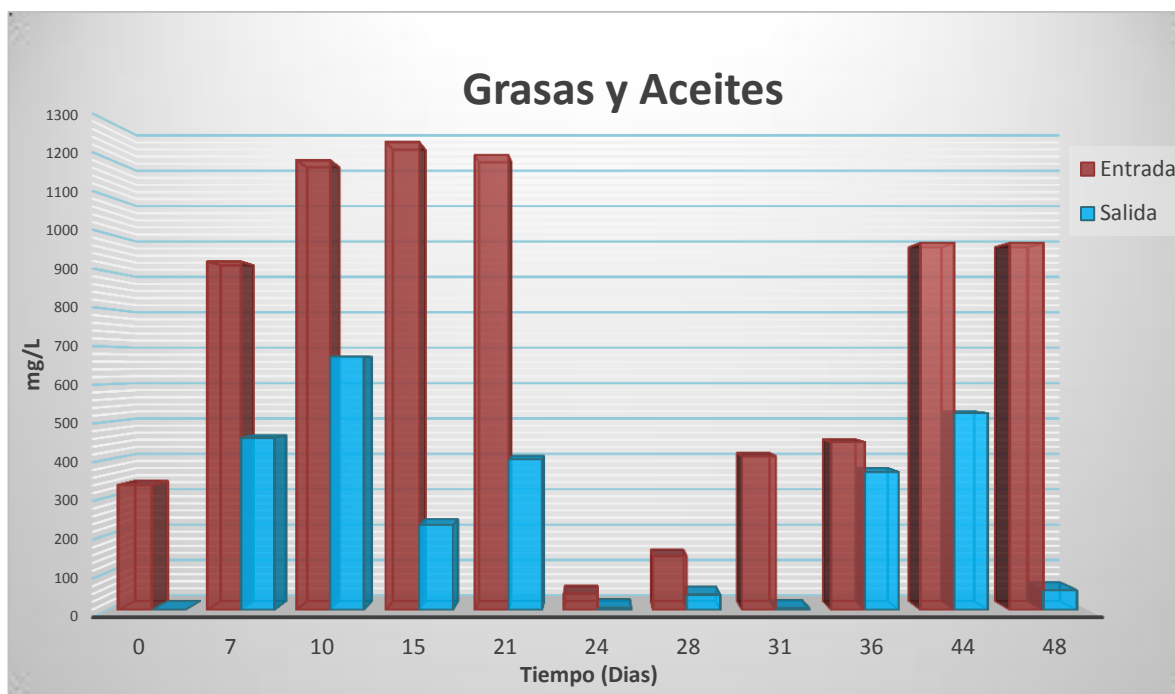


**Grafica 3.** Concentraciones de SST en la Fase I

Para los sólidos suspendidos totales SST. Se puede decir que presento variaciones entre 113 mg/lit y 1594 mg/lit con un promedio de 553.7 mg/l en la entrada y con respecto a la salida arrojo valore de 2 mg/lit y 299 mg/lit con promedio de 72.9 mg/lit (ver tabla 13).

En la gráfica se puede observar que no hay una tendencia como tal, se presentan muchas fluctuaciones. A pesar de esto en promedio la planta logra cumplir con la normativa de remover en promedio más del 80% en cuanto a SST (ver tabla 16 en anexos).





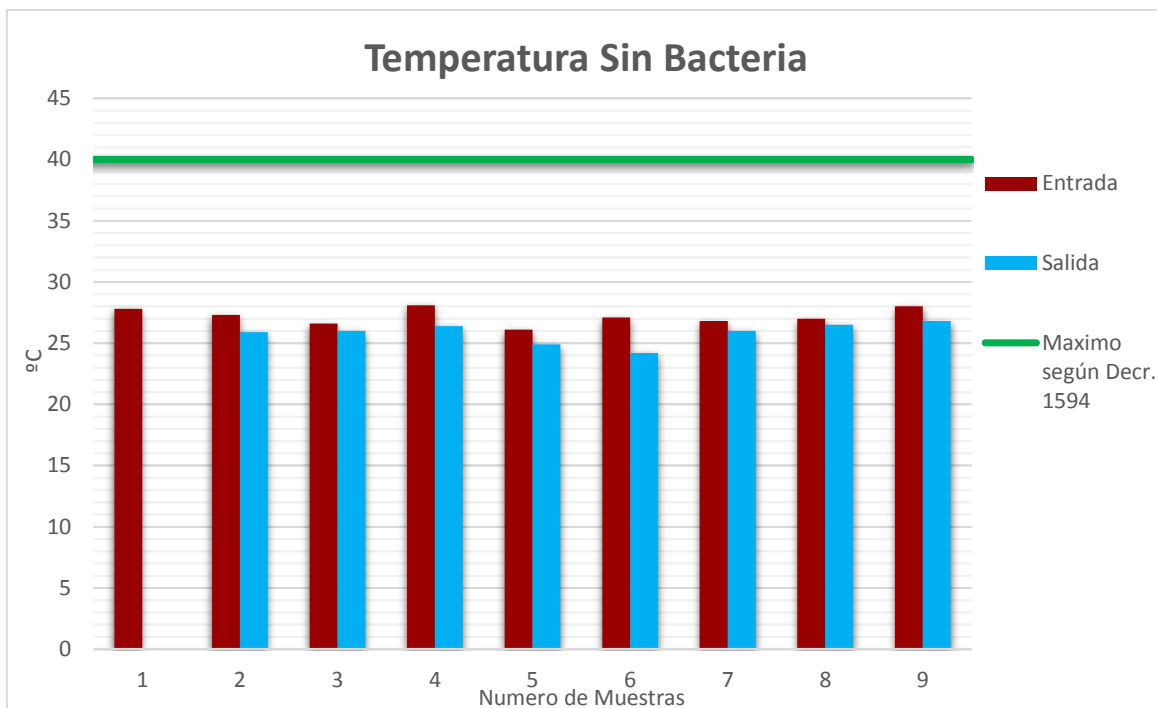
**Grafica 4.** Concentraciones de Grasas y Aceites en la Fase I.

Con respecto a las grasas y aceites se presentaron variaciones de 42.8 mg/lit y 1243 mg/lit con promedio de 678.2 mg/lit en la entrada; en la salida se dieron valores de 4.2 mg/lit y 673.3 con promedio de 253.9 mg/lit el promedio de porcentaje de remoción es de 65.9%. Los datos de entrada tuvieron muchas fluctuaciones lo cual se reflejó en la los datos de salida (ver tabla 13).

El decreto 1594 de 1984 dice que la remoción debe ser mayor del 80% en este caso no se cumplió en la mayoría de los muestreos. Hay que tener en cuenta las características del afluente tratado (alto contenido en grasa) pero sin embargo se dieron casos en los que si se alcanzó el porcentaje deseado, en los días 31 y 48 (ver tabla 17 en anexos).

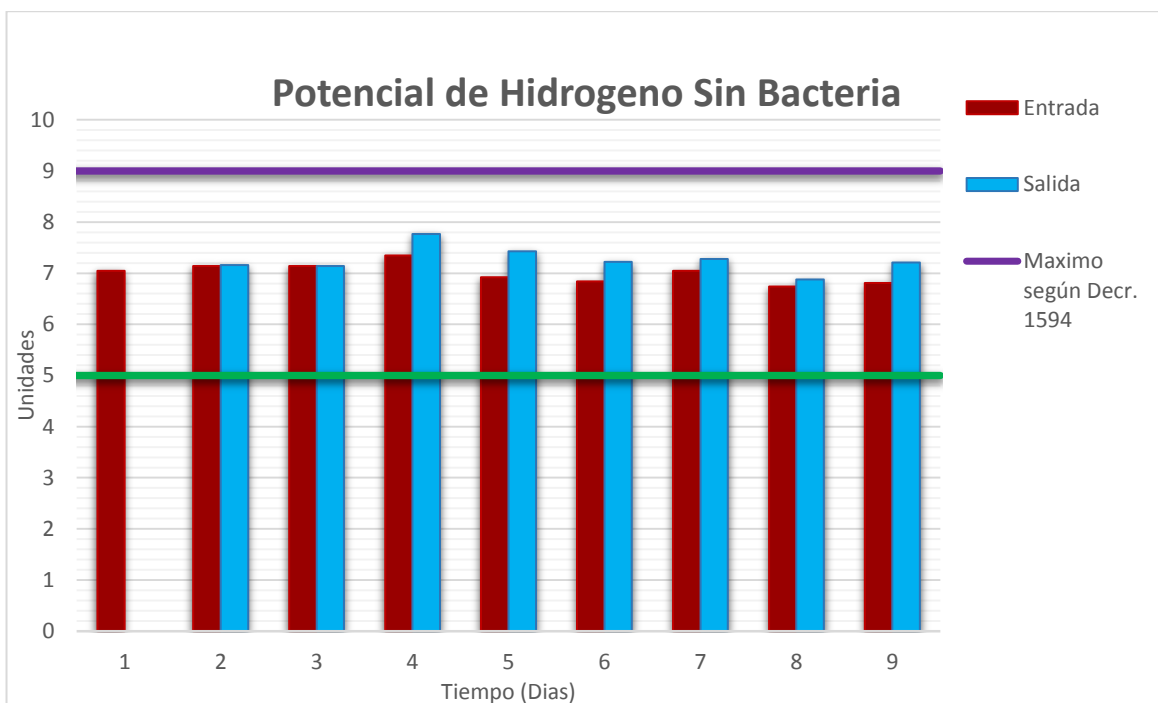
En las gráficas de Oxígeno Disuelto y conductividad se puede observar que los parámetros Presentaron valores normales propios de la naturaleza del vertimiento, cumpliendo con las normativas vigentes tanto con el decreto 1594 del 1984, como con el decreto 3930 de 2010 (ver graficas en anexos).

Por otro lado los rangos en que se presentan, son favorables para las cepas que se inocularon en la fase II donde se da el proceso de Bioaumentación



**Grafica 5.** Comparación de Temperatura con el Decreto 1594 de 1984

En esta grafica vemos que la temperatura del afluente siempre estuvo muy por debajo de los límites permitidos máximo según los decretos 1594 del 1984 y 3930 del 2010.



**Grafica 6.** Comparación de pH con el Decreto 1594 de 1984.

En cuanto al pH, el afluente siempre estuvo dentro del rango permitido en la norma (Decreto 1594). Esto garantiza el desarrollo de la segunda etapa de este trabajo donde se aplica Bioaumentación.

## 6.2 FASE II. BIOAUMENTACION: ARRANQUE DE LA PLANTA PILOTO CON INOCULO

En esta etapa se procedió con el proceso de bioaumentación in vitro pero antes se procedió a calcular la dosis del inoculo la cual se basó en las recomendaciones del proveedor del producto comercial. El proveedor recomienda 40 ppm \* el volumen de agua a tratar

La dosis utilizada durante el proceso de Bioaumentación fue de 3,8 ml /día. Este resultado se obtiene aplicando la siguiente fórmula:

$$dosis = \frac{PPM * Volumen\ de\ agua\ a\ tratar}{1000000} \quad (\text{Ecuaciones 6.2.1})$$

$$PPM = 40$$

$$Caudal\ de\ la\ planta\ piloto = 0,9504 \frac{m^3}{día} = 95,04 \frac{L}{día}$$

$$dosis = \frac{40ppm * 95.04 \frac{L}{día}}{1000000} = 0,0038016 \frac{L}{día}$$

$$dosis = 0,003802 \frac{L}{día} * 1000 \text{ ml}$$

$$dosis = 3,80 \text{ ml/día}$$

A partir de este dato obtenido, comienza el proceso de dosificación, aplicando una dosis única diariamente a las 8:00 am.

### Resultados obtenidos de los parámetros fisicoquímicos

Durante la etapa de Bioaumentación se evaluaron DBO5, DQO, SST, pH, GRASAS Y ACEITES. Los resultados obtenidos en cada muestra se observan en la tabla 23 a la 27 (ver anexos).

### Análisis estadístico descriptivo

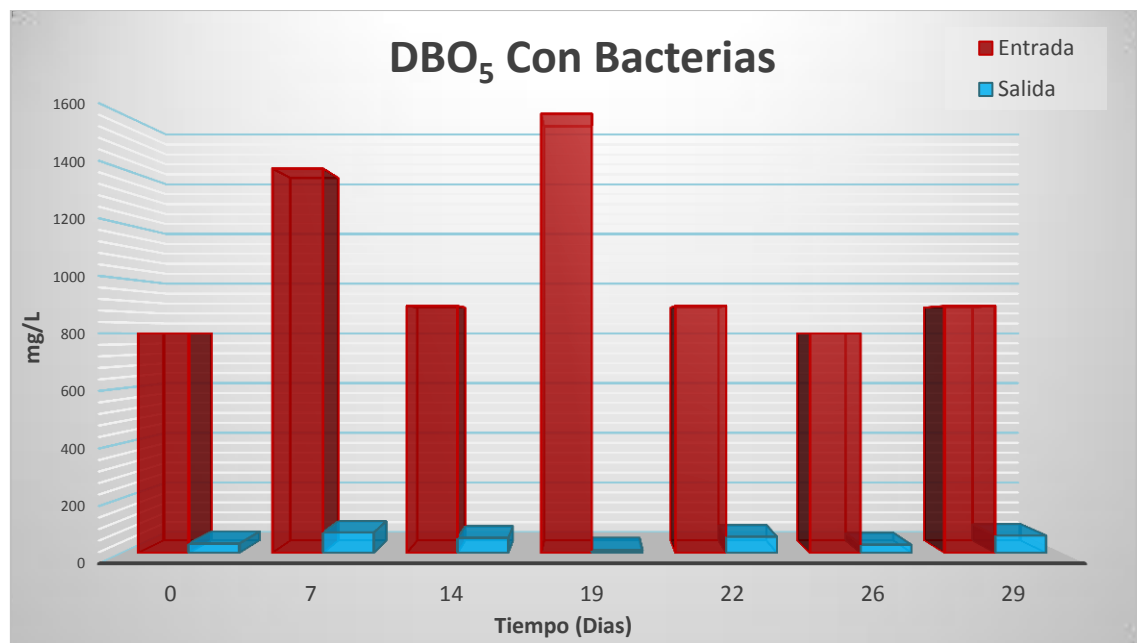
En la siguiente tabla, se ilustra el comportamiento de los parámetros estadísticamente.

**Tabla 15. Resultados Estadísticos descriptivos**

	N	Rango	Mínimo	Máximo	Suma	Media	Desv. típ.	Varianza
Temperatura de entrada	7	3,800	23,900	27,700	183,000	26,14286	1,281740	1,643
Temperatura de Salida	7	3,200	23,600	26,800	178,100	25,44286	1,234041	1,523
pH de Entrada	7	,870	6,930	7,800	50,880	7,26857	,281095	,079
pH de Salida	7	,440	7,240	7,680	52,330	7,47571	,169200	,029
Oxígeno Disuelto de Entrada	6	6,700	,110	6,810	10,990	1,83167	2,770137	7,674
Oxígeno Disuelto de Salida	6	3,220	2,130	5,350	18,170	3,02833	1,174860	1,380
Conductividad de Entrada	7	,484	1,718	2,202	13,277	1,89671	,165311	,027
Conductividad de Salida	7	1,329	,800	2,129	11,594	1,65629	,555444	,309
DBO5 de Entrada	7	800,000	800,000	1600,000	7300,000	1042,85714	320,713490	102857,143
DBO5 de Salida	7	65,000	10,000	75,000	329,000	47,00000	22,759613	518,000
DQO de Entrada	7	443,900	801,100	1245,000	7259,500	1037,07143	175,906251	30943,009
DQO de Salida	7	63,410	20,140	83,550	391,430	55,91857	23,898391	571,133
SST de Entrada	7	320,000	45,000	365,000	1845,000	263,57143	112,221295	12593,619
SST de Salida	7	136,500	,500	137,000	381,500	54,50000	46,646722	2175,917
Grasas y Aceites de Entrada	7	1866,580	756,530	2623,110	11411,160	1630,16571	829,023749	687280,376
Grasas y Aceite de Salida	6	520,810	18,300	539,110	1467,120	244,52000	195,109304	38067,640
N válido (según lista)	6							

Fuente: Jeam Paul Arcón Solano Elaborado en IBM - SPSS Statistics19®

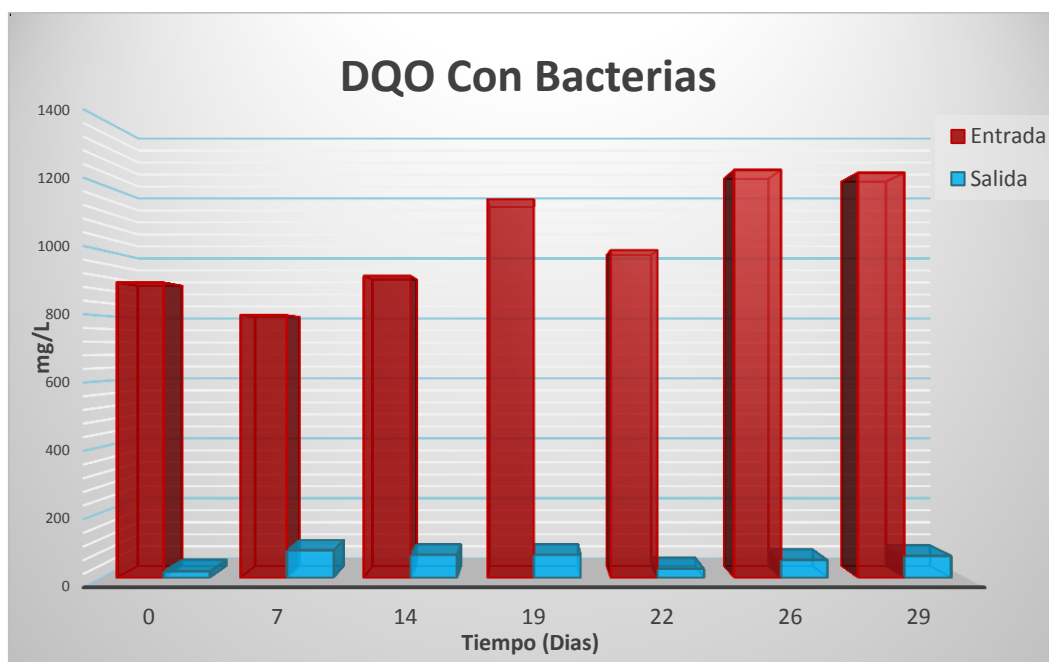
### Análisis de gráficas



**Grafica 7. Concentraciones de DBO5 en la Fase II**

La concentración de DBO5 en el afluente de la Planta piloto con inoculo, presento variaciones entre 800 mg/lit. y 1.600 mg/lit. mostrando un promedio de 1042,8 mg/lit. En la salida varía entre 10 mg/lit. y 75 mg/lit. con un promedio de 47 mg/lit. (Ver tabla 23 en anexos).

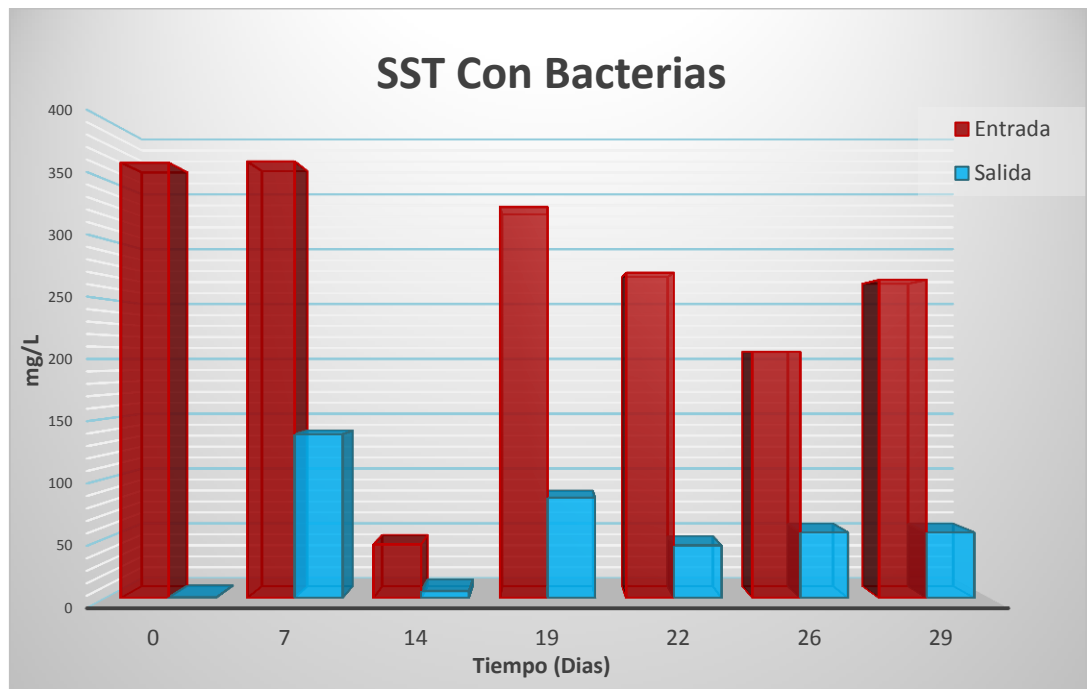
En la primera caracterización presenta una eficiencia en DBO5 del 95,6%, alcanzando durante esta etapa un máximo del 99,38% a los 19 días del tratamiento con Bioaumentación (cuarta caracterización); luego se estabiliza un poco y terminar con una eficiencia promedio de 95,22 %. Con Esta eficiencia promedio el tratamiento mediante Bioaumentación cumple con lo establecido en el decreto 1594 y 3930 al estar por debajo de 200 mg/lit cuando lo máximo permitido es de 300 mg/lit.



**Grafica 8.** Concentración en la DQO en la Fase II

Realizando el análisis de esta grafica encontramos que la concentración de DQO en el afluente de la Planta Piloto presento variaciones entre 801,1 mg/lit. y 1245 mg/lit, presentando un promedio de 1037 mg/l; en la salida varía con valores entre 20,14 mg/lit. y 83,55 mg/lit. Con un promedio de 55,92 mg/lit, si estos valores los vemos en términos de remoción obtenemos un promedio de 94,46% lo cual es bastante bueno (ver tabla 22).

Por otro lado aunque el decreto 1594 /84 no se refiere a este parámetro en términos de remoción en el decreto 3930 de 2010 si se tiene en cuenta por la actividad de la empresa generadora del residuo y al cuerpo receptor. La remoción siempre estuvo por debajo del límite máximo permitido, 600 mg/lit.

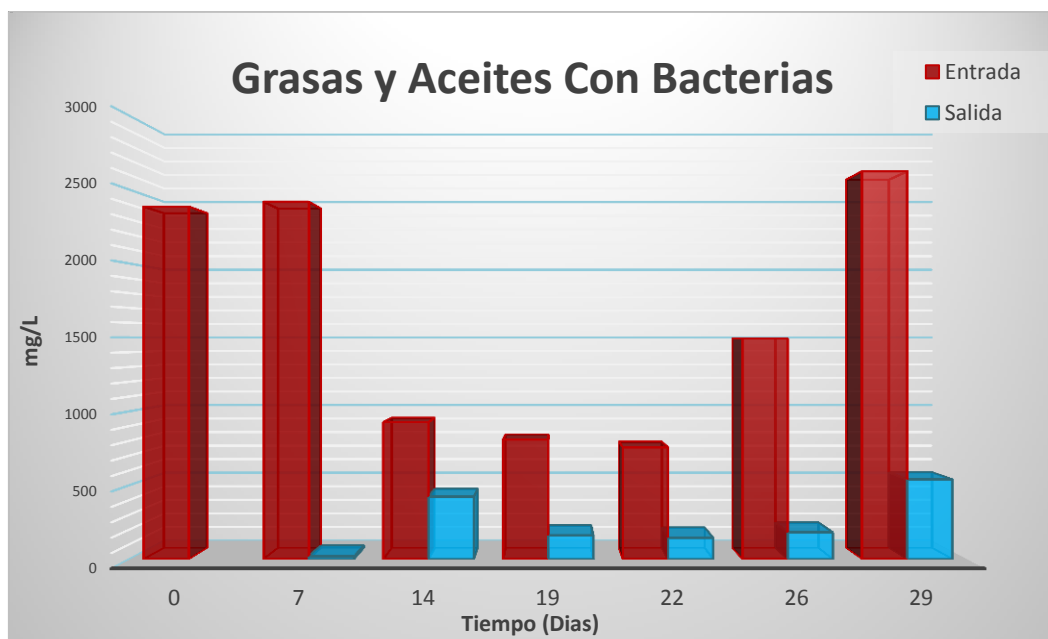


**Grafica 9.** Concentración de SST en la Fase II

Para los sólidos suspendidos totales SST. Se puede decir que presento variaciones entre 45,00 mg/l y 365 mg/l con un promedio de 263,57 mg/l en la entrada y con respecto a la salida arrojo valore de 0,500 mg/l y 137 mg/l con promedio de 54,5 mg/lit. (Ver tabla 22).

En la gráfica se puede observar como la primera caracterización con el inculo arroja un resultado excelente, 99,86% pero cuatro días más tarde en la segunda caracterización la eficiencia baja para posteriormente estabilizarse.

A pesar de lo anterior la planta logra cumplir con la normativa tanto con el decreto 1594 como con el Decreto 3930 al remover más del 50% y entregar un efluente con 300 mg/lit, en SST.



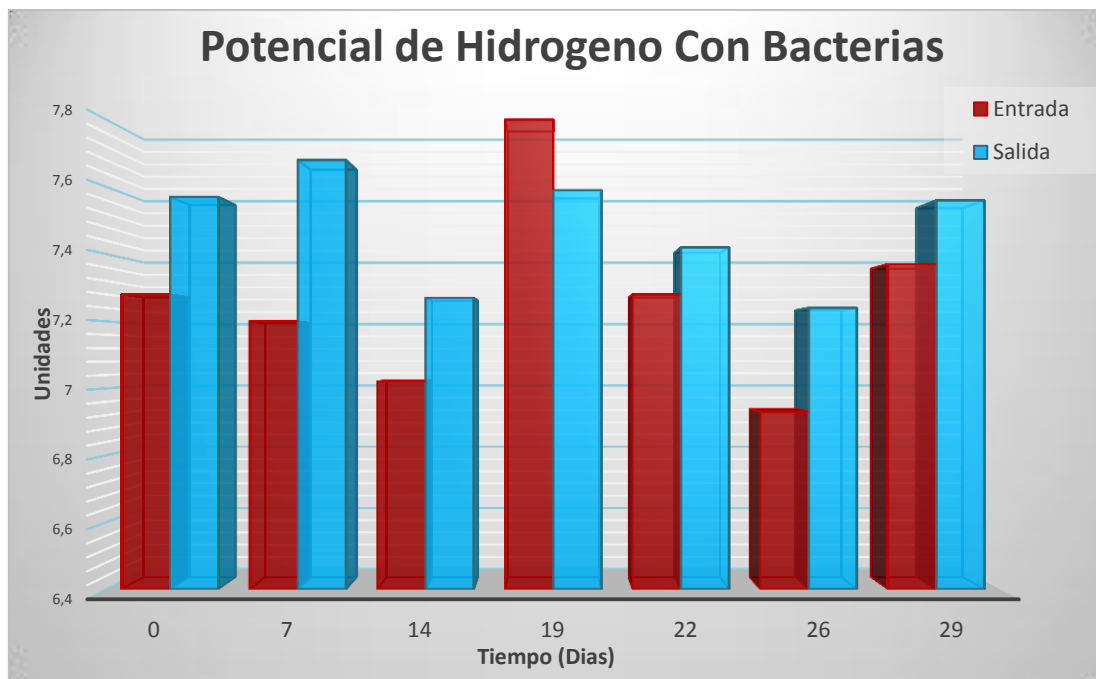
**Grafica 10.** Concentración de Grasas y Aceites en la Fase II.

Con respecto a las grasas y aceites se presentaron variaciones de 756,53 mg/l y 2623,11 mg/l con promedio de 1630,16 mg/l en la entrada; en la salida se dieron valores de 18,3 mg/l mínimo y un máximo de 539,11 mg/l, con promedio de 244,52 mg/l. La primera caracterización no registra resultado en la salida debido a fallas en el equipo.

Los datos de entrada presentaron muchas fluctuaciones lo cual se reflejó en los datos de salida con un porcentaje de remoción promedio es de 80 %.

El decreto 1594 de 1984 dice que la remoción debe ser mayor del 80%; en este caso no se cumplió en la mayoría de los muestreos.

Teniendo en cuenta las características del afluente tratado, alto contenido en grasa, y la inoculación de bacterias específicas para este tipo de afluente, vemos que el resultado no es satisfactorio en promedio; pero sin embargo se dieron casos en los que si se alcanzó el porcentaje deseado, como ocurrió en la segunda y penúltima muestra (ver tabla 27 en anexos).



**Grafica 11.** pH en la Fase II.

En la presente graficas se puede observar que los parámetros de pH, Presentaron valores normales propios de la naturaleza del vertimiento, lo mismo que el Oxígeno Disuelto, conductividad y Temperaturas (ver graficas en anexos); cumpliendo con la normativas tanto con el decreto 1594 del 1984, como con el decreto 3930 de 2010.

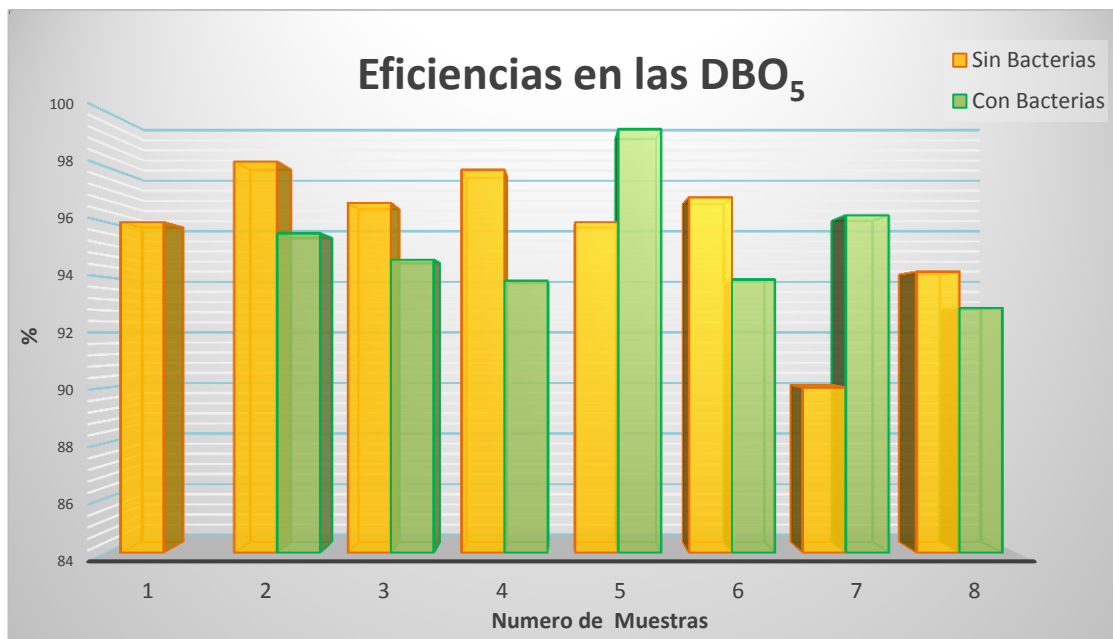
### 6.3 EFICIENCIAS COMPARATIVAS ENTRE LOS DOS PROCESOS

En las Tabla comparativa de la 28 a la 31, podemos observar los resultados de los parámetros DBO<sub>5</sub>, DQO, SST, pH, GRASAS Y ACEITES, CONDUCTIVIDAD, BIODEGRABILIDAD, OXIGENO DISUELTO en ambas fases (ver anexos).

#### Análisis de gráficas comparativas entre los dos procesos.

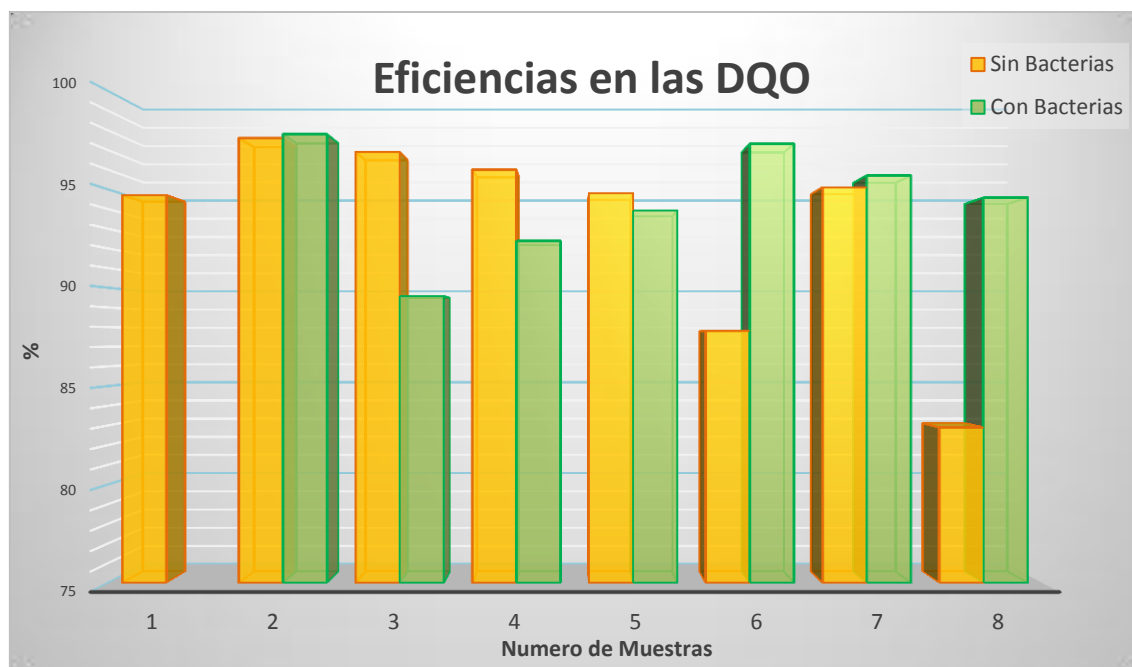
Los parámetros a tener en cuenta para este análisis son DBO<sub>5</sub>, DQO, SST, GRASAS Y ACEITES.





**Grafica 12.** Eficiencias en las DBO5

Los resultados de DBO5 obtenidos en el tratamiento del afluente mediante Bioaumentacion no son satisfactorios con excepción de la muestra número 5. En la gráfica podemos observar que en la mayoría de las muestras la eficiencia fue superior en el tratamiento en la planta piloto sin inculo.



**Grafica 13.** Eficiencias en las DQO

Con relación a la DQO, en la gráfica observamos que con el tratamiento mediante Bioaumentacion solo se logra ver una mejora en las tres últimas muestras donde el proceso comienza a estabilizarse.



**Grafica 14.** Eficiencias en las SST.

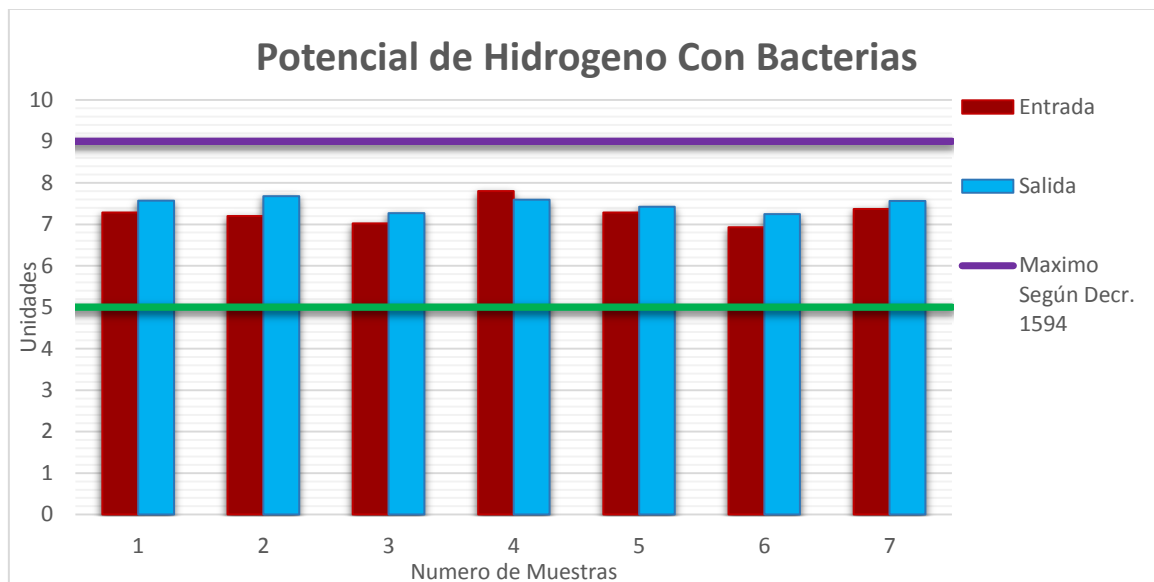
Los resultados de SST obtenidos en el tratamiento del afluente mediante Bioaumentacion no son satisfactorios con excepción de la primera muestra. Es pertinente pensar que se debió a que la planta venía funcionando bastante bien. En la gráfica podemos observar que en la mayoría de las muestras la eficiencia en el tratamiento sin inculo fue superior.



**Grafica 15.** Eficiencias en las Grasas y Aceites

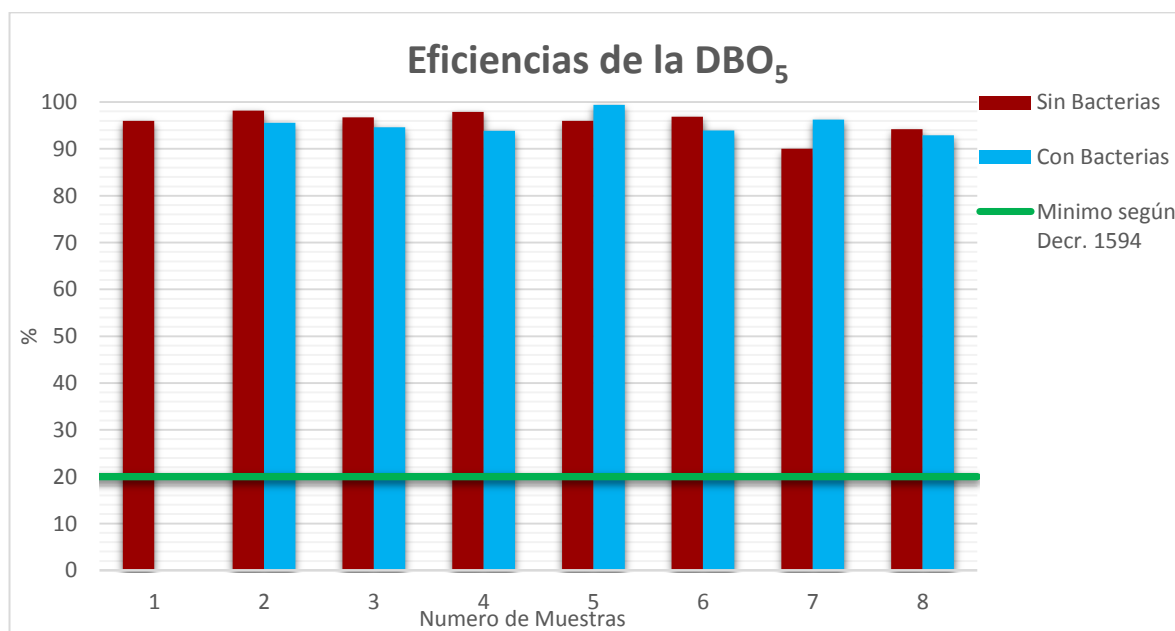
En la presente grafica podemos anotar que los resultados mediante Bioaumentación no son contundentes frente a los obtenidos en el tratamiento en la planta por si sola. Se esperaba que el inculo potencializara el proceso en la PTAR, lo cual no se dio.

#### 6.4 COMPARACIÓN CON EL DECRETO 1594 DE 1984



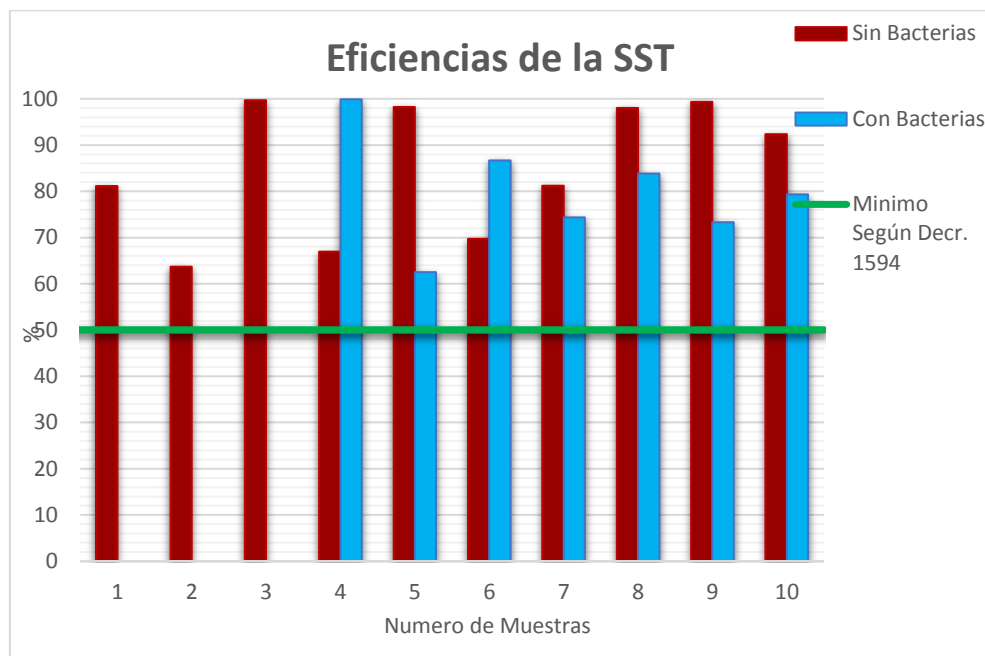
**Grafica 16.** Comparación de pH con Bacterias con el Decr. 1594.

En ésta graficas se puede observar que los parámetros de pH, tanto a la entrada como en la salida, cumplen con la normativa vigente, decreto 1594 del 1984.



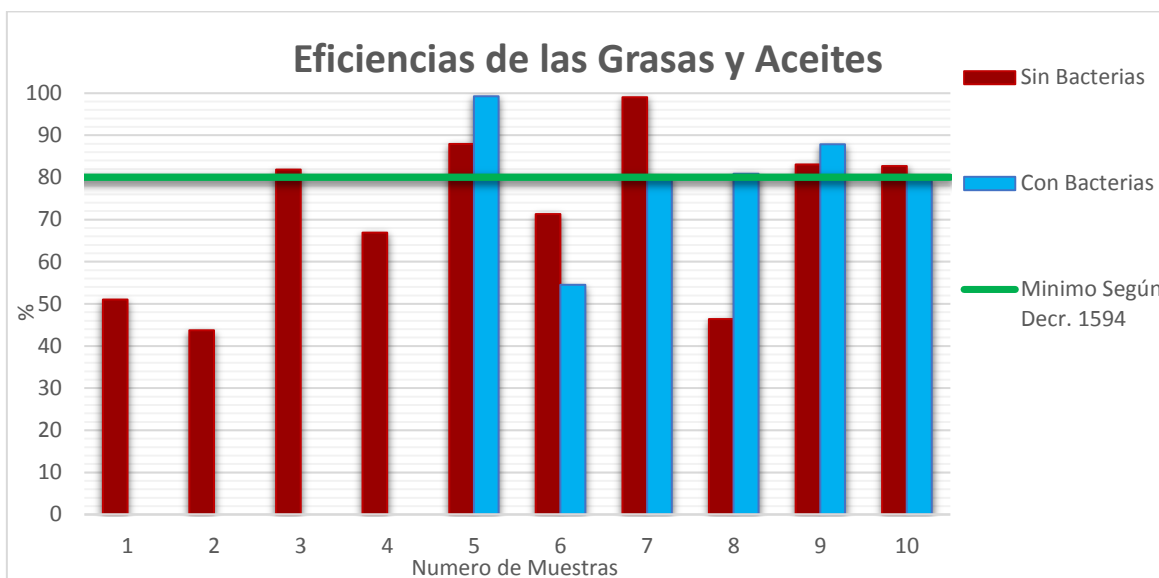
**Grafica 17.** Comparación de la Eficiencia de la DBO5 con el Decreto 1594.

Si comparamos estos resultados con el decreto 1594 de 1984 la cual exige una remoción del 20%, encontramos que en ambos tratamiento, cumple con respecto a este parámetro ampliamente.



**Grafica 18.** Comparación de las eficiencias de los SST con el Decreto 1594

En la presente grafica se observa claramente que aunque en ambos procesos se cumple con la normativa Según el decreto 1594 de 1984 el cual exige una eficiencia del 50%, el tratamiento mediante biouamentación estuvo por debajo de lo esperado.

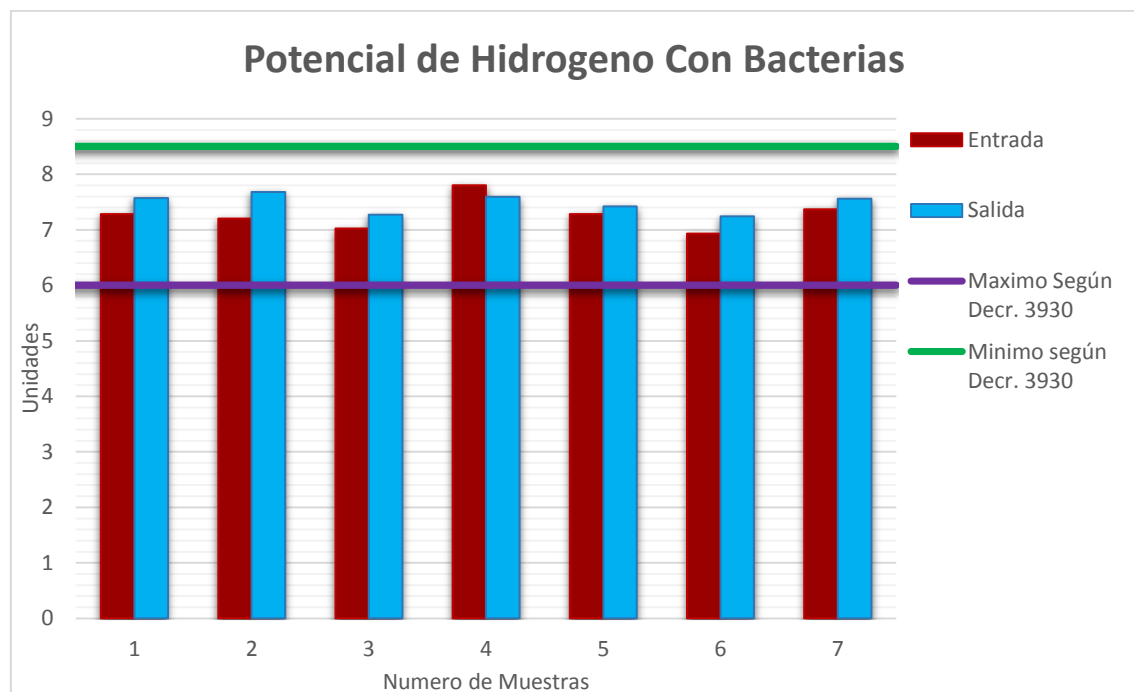


**Grafica 19.** Comparación de las eficiencias de las Grasas y Aceites con el Decr. 1594

En cuanto a las grasas y aceite en este tipo de afluentes, la norma según el decreto 1594 exige una eficiencia en las plantas de tratamiento de agua residual mínima del 80%. En esta grafica vemos que solo dos muestras logran cumplir con la norma pero la mayoría no cumple. El proceso mediante bioaumentacion no dio el resultado esperado, aun aplicando bacterias específicas para tal fin.

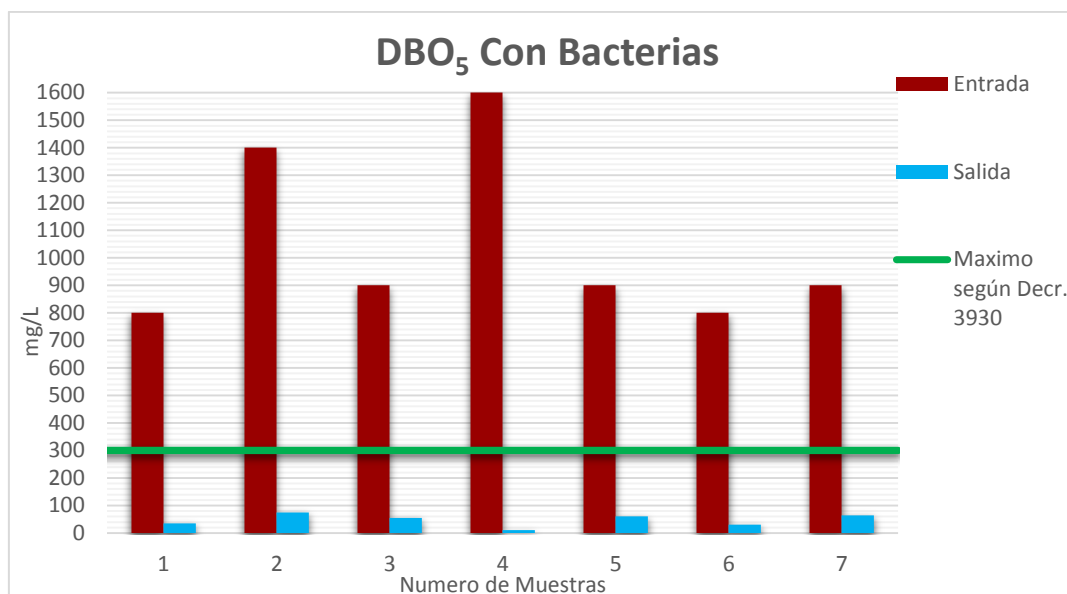
La mayoría de los resultados obtenidos en la planta piloto sin inoculos tampoco cumplieron con la norma según el decreto 1594 lo cual era ideal para aplicar el proceso de bioaumentacion y lograr así que los parámetros estuvieran en norma.

## 6.5 COMPARACIÓN CON EL DECRETO 3930 DE 2010



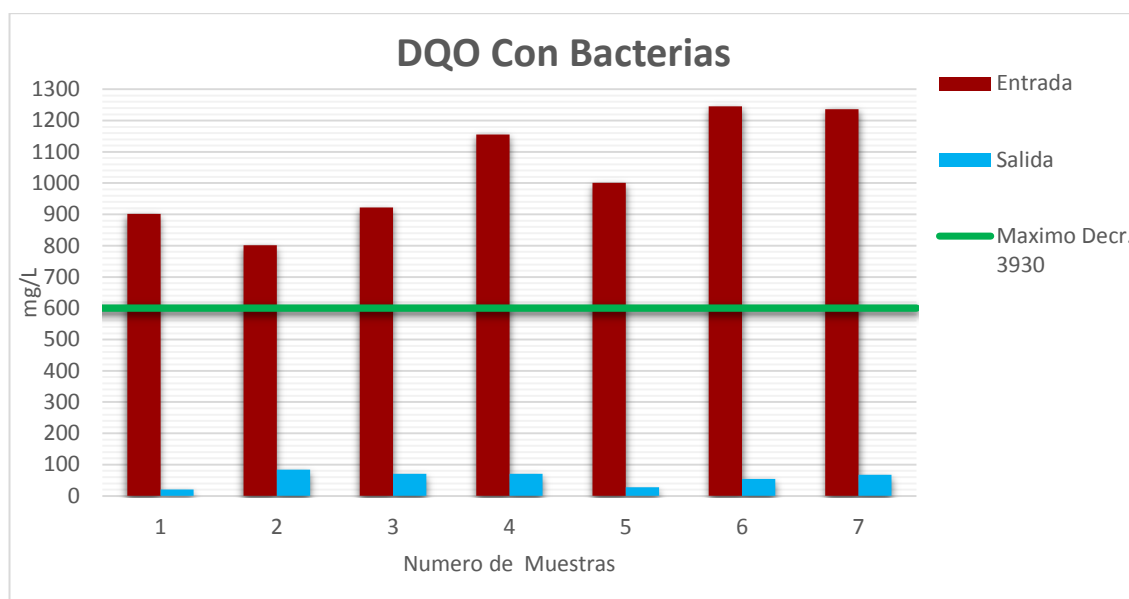
**Grafica 20.** Comparación del pH con Bacterias con el Decreto 3930

En ésta graficas se puede observar que los parámetros de pH, tanto en la entrada como en la salida, cumplen con el decreto 3930.



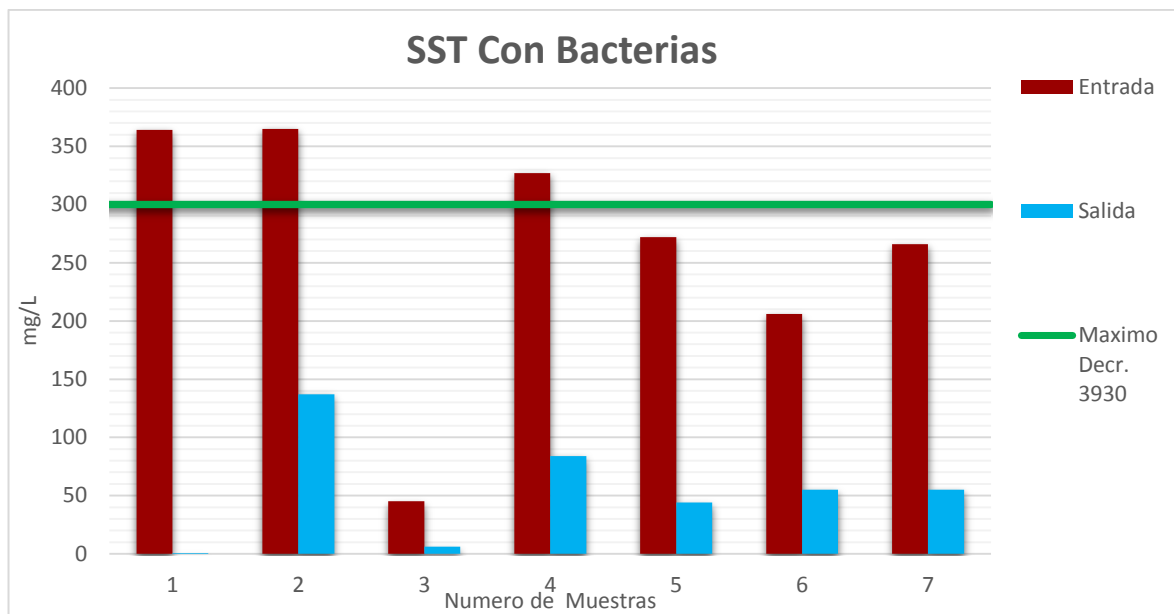
**Grafica 21.** Comparación DBO5 con Bacterias con el Decreto 3930.

En la presente grafica observamos que los resultados en el tratamiento mediante Bioaumentación cumple ampliamente con lo establecido en el decreto 3930 al estar por debajo de 100 mg/lit cuando lo máximo permitido es de 300 mg/lit.



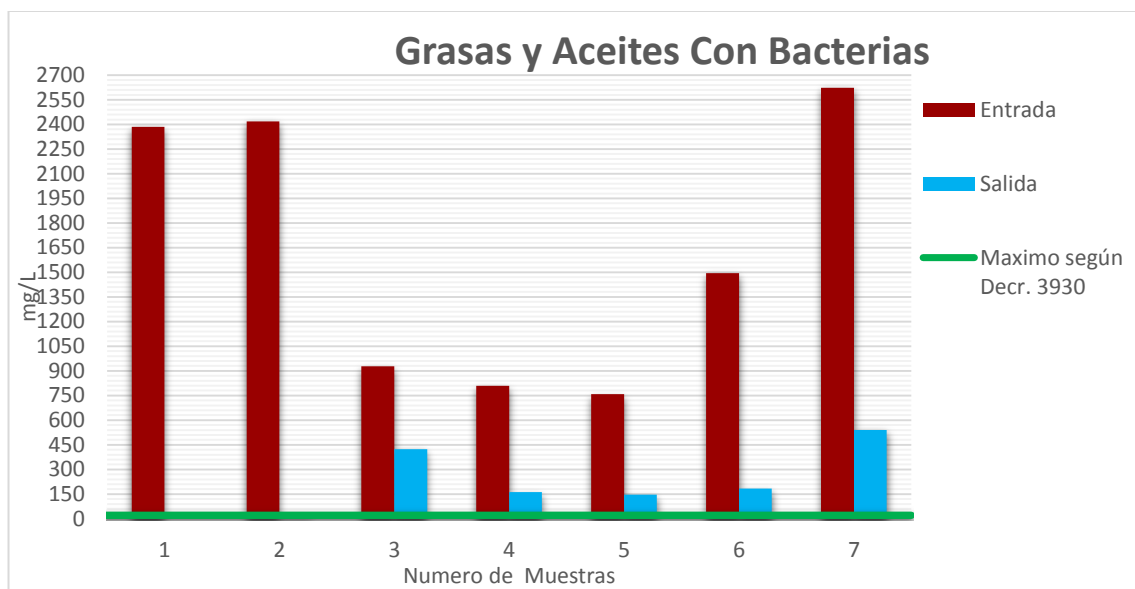
**Grafica 22.** Comparación DQO con Bacterias con el Decreto 3930.

En esta grafica observamos que los resultados de DQO obtenidos en el tratamiento mediante Bioaumentación cumple ampliamente con lo establecido en el decreto 3930 al estar por debajo de 100 mg/lit cuando lo máximo permitido es de 600 mg/lit. para afluentes provenientes de mataderos .



**Grafica 23.** Comparación SST con Bacterias con el Decreto 3930.

Para los SST, vemos claramente en la gráfica que los resultados en el tratamiento mediante Bioaumentación cumple ampliamente con lo establecido en el decreto 3930 al presentar una remoción por debajo de 150 mg/lit cuando lo máximo permitido es de 300 mg/lit.



**Grafica 24.** Comparación Grasas y Aceites con Bacterias con Decreto 3930.

La grafica nos muestra que todos los resultados están por encima del máximo permitido en el decreto 3930. Incumpliendo así la norma de entrar en vigencia el decreto 3930.

## 7. CONCLUSIONES

La finalidad del presente trabajo fue evaluar la eficiencia de un inóculo comercial para la Biodegradación de aguas residuales con alto contenido en grasa.

Para poder evaluar la efectividad del inóculo seleccionado fue conveniente utilizar una planta piloto y desarrollar el trabajo en dos etapas, en cada una de estas etapas se realizaron análisis fisicoquímicos del afluente y el efluente de la planta piloto para evaluar el rendimiento antes y después de la Bioaumentación.

El rendimiento de eliminación de materia orgánica, medida como  $\text{DBO}_5$ , fue superior al 95 % no existiendo diferencia apreciable entre ambos periodos de estudio, sin Inoculación y con Inoculación (95,73 %, 95,22 %). Con relación a la eliminación de materia orgánica, medida como DQO, también fue superior al 93 % no existiendo diferencia significativa entre ambos periodos; lo que explica el pobre desempeño del inóculo utilizado.

En cuanto a los SST, la eficiencia obtenida en la primera fase (sin inóculo) fue superior, con relación a la segunda fase (86,15%, 76,64%). Podría pensarse que el inóculo empleado no tuvo ningún desempeño

En la remoción de grasas y aceites, los resultados mediante bioaumentación aunque son mejores, no son contundentes frente a los obtenidos en el tratamiento sin inóculos. Se esperaba que el proceso de Bioaumentación potencializara el proceso en la PTAR, lo cual no se dio

Los resultados después de la Bioaumentación con Ecobacter F M, no fue el esperado. Debido a la naturaleza del agua residual con altos niveles de  $\text{DBO}_5$ , DQO Y GRASA y una variabilidad propia de la actividad al procesar aves de diferentes edades, peso, tamaño y sexo lo cual influye en las concentraciones de sangre y grasa en el agua residual en estos mataderos y a la dosis única utilizada, la cual no fue adecuada.

Por la característica de este tipo de aguas residuales, es pertinente determinar la dosis óptima en proceso de Bioaumentación. La presente investigación queda abierta a futuros trabajos que pretendan continuar trabajando en aguas residuales de la industria avícola.



## 8. RECOMENDACIONES

Para una futura investigación tomando como base el presente trabajo, se recomienda:

1. Utilizar dos plantas pilotos iguales e Iniciar las dos etapas simultáneamente
2. Determinar la dosis optima del inculo antes de iniciar el proceso de Bioaumentación

## 9. BIBLIOGRAFIA

**APHA** (American Public Health Association) – **AWWA** (American Water Works Association) – **WEF** (Water Environment Federation). 19 ed. 1995. Standard Methods. H, Franson Mary Ann.

**Cervantes, López Eduardo.** Junio del 2.002. El pollo, paso a paso su procesamiento industrial, Ediciones científica Beta E.U.

**Comité coordinador regional de Instituciones de agua potable y Saneamiento de Centroamérica, Panamá y República Dominicana,** Aguas residuales de mataderos y Procesadoras de carne, Pág. 11.

**Decreto 3930 de 2010,** Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos, [www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=40620](http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=40620)

**Decreto 1594 de 1984,** Derogado por el art. 79, Decreto Nacional 3930 de 2010, salvo los arts. 20 y 21.

**Espinosa, Juan José.** Tesis doctoral, Tratamiento de aguas residuales de Mataderos con elevado contenido en sangre mediante la combinación de procesos anaerobios de película fija y Aerobios en membrana, Pág. 23, 24, 30 Antón, Universidad de burgos, 2.011. Disponible en la red <http://hdl.handle.net/10259/163>

**Michael, H., Foster, BS. y Rob Whiteman.** Soluciones para el Tratamiento de Aguas Residuales, consultado el 26 de Octubre del 2.013. Disponible en la red, [www.ebac2000.com/bioaugSP.htm](http://www.ebac2000.com/bioaugSP.htm)

**Torres, Ricardo.** Proceso de Bioumentación en Aguas residuales, Pág. 26. Disponible en la red <http://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/478/478>

**Castellar, Roció., Lopez, Tania., Pérez, Laura. Y Sabalza, Laura.** Planta de Tratamiento de agua residual con mezcla completa y Aireación Extendida, Universidad de la Costa, Barranquilla, Mayo 2013. En pr

**QumiNet** Sectores relacionados: Biotecnología en el tratamiento de aguas residuales. Noviembre 28- 2008.

## ANEXOS

**Tabla 16.** Resultados de la DBO5 sin bacterias

DBO5				
No. Días	FECHA (día/mes/año)	ENTRADA (mg/l)	SALIDA (mg/l)	EFICIENCIA (%)
0	29/04/2013	950		
7	06/05/2013	1250	50	96
10	09/05/2013	2710	50	98.2
15	14/05/2013	1500	50	96.7
21	20/05/2013	2350	50	97.9
24	24/05/2013	2500	100	96
36	05/06/2013	1600	50	96.9
44	13/06/2013	1100	110	90
48	17/06/2013	1200	70	94.2
<b>TOTAL</b>				95.7375

**Tabla 17.** Resultados de la DQO sin bacterias

DQO				
No. Días	FECHA (día/mes/año)	ENTRADA (mg/l)	SALIDA (mg/l)	EFICIENCIA (%)
0	29/04/2013	1151		
7	06/05/2013	994.6	50	94.7
10	09/05/2013	2078	50	97.6
15	14/05/2013	1600	50	96.9
21	20/05/2013	1235	50	96
24	24/05/2013	1155	60.19	94.8
36	05/06/2013	1095	133.6	87.8
44	13/06/2013	1091	53.52	95.1
48	17/06/2013	607.5	103.6	82.9
<b>TOTAL</b>				93.22

**Tabla 18.** Resultado de los sólidos Suspendidos totales sin bacterias

SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES				
No. Días	FECHA (día/mes/año)	ENTRADA (mg/l)	SALIDA (mg/l)	EFICIENCIA (%)
0	29/04/2013	348		
7	06/05/2013	380	72	81.1
10	09/05/2013	113	41	63.7
15	14/05/2013	973	3	99.7
21	20/05/2013	536.7	177.8	66.9
24	24/05/2013	722	13	98.2
28	28/05/2013	221	67	69.7
31	31/05/2013	1594	299	81.2
36	05/06/2013	251	5	98.01
44	13/06/2013	299	2	99.33
48	17/06/2013	653	50	92.34
TOTAL				86.15

**Tabla 19.** Resultados de las Grasas y Aceites sin bacterias

GRASAS Y ACEITES				
No. Días	FECHA (día/mes/año)	ENTRADA (mg/l)	SALIDA (mg/l)	EFICIENCIA (%)
0	29/04/2013	332.44		
7	06/05/2013	925.84	458.12	50.52
10	09/05/2013	1195.07	673.38	43.65
15	14/05/2013	1243.25	226.46	81.78
21	20/05/2013	1208.78	400.27	66.89
24	24/05/2013	42.8	5.17	87.92
28	28/05/2013	142.5	40.94	71.27
31	31/05/2013	408.83	4.21	98.97
36	05/06/2013	446.09	366.8	17.77
44	13/06/2013	975.22	523.1	46.36
48	17/06/2013	975.22	52.59	94.61

**Tabla 20.** Resultado de la Biodegradabilidad sin bacterias

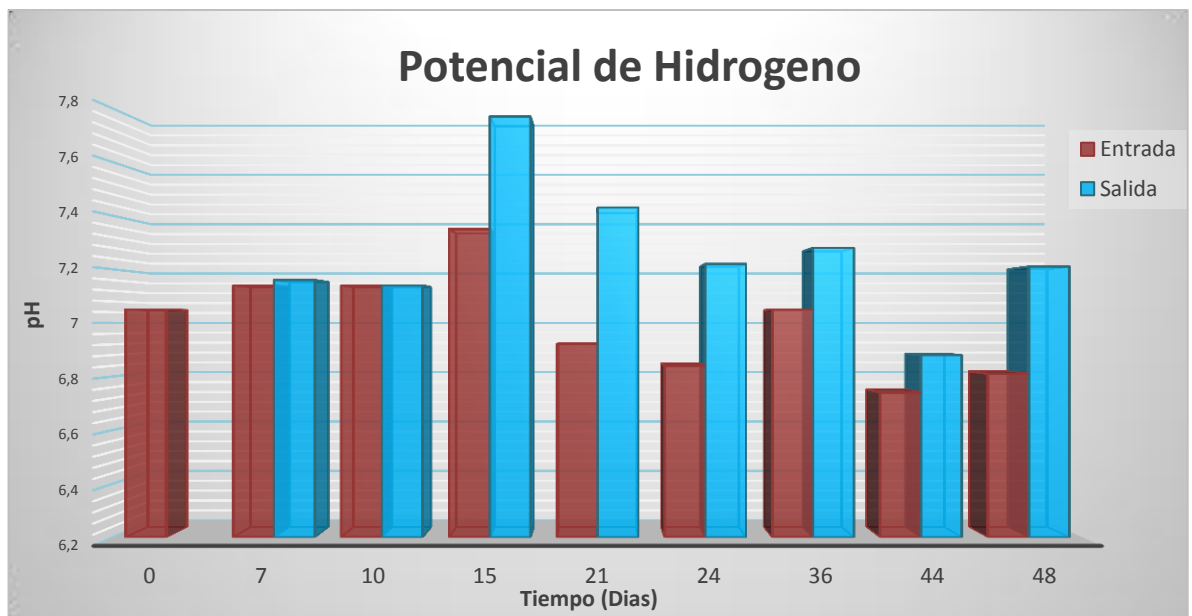
DÍAS	FECHA	BIODEGRADABILIDAD		pH	
		ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA
0	29/04/2013	0,8		7,05	
7	06/05/2013	1,3	1	7,14	7,16
10	09/05/2013	1,3	1	7,14	7,14
15	14/05/2013	0,9	1	7,35	7,77
21	20/05/2013	1,9	1	6,92	7,43
24	24/05/2013	2,2	1,7	6,84	7,22
36	05/06/2013	1,5	0,4	7,05	7,28
44	13/06/2013	1	2,1	6,74	6,88
48	17/06/2013	2	0,7	6,81	7,21

**Tabla 21.** Resultados del Oxígeno Disuelto sin bacterias

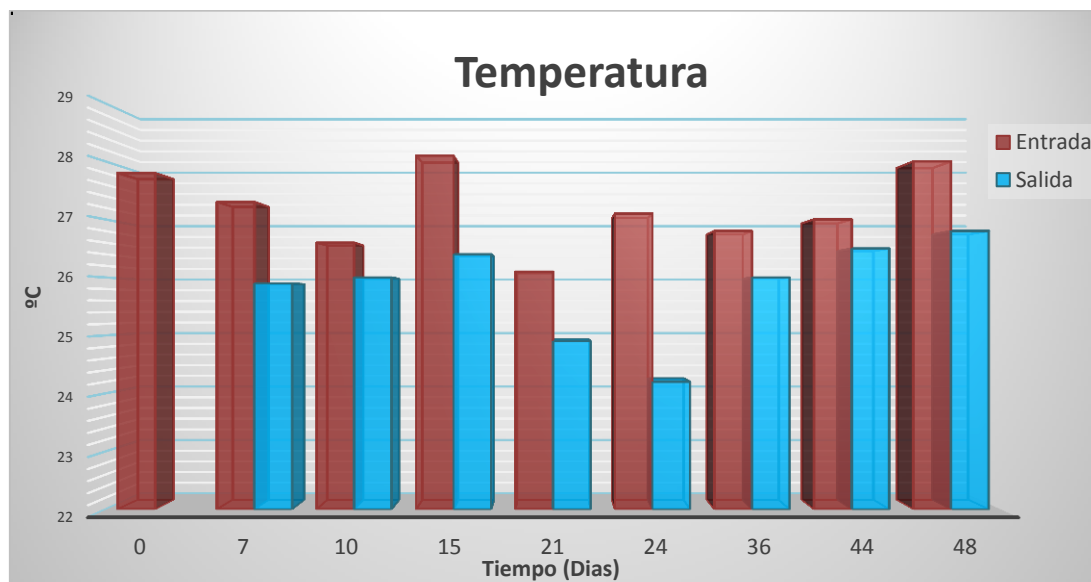
OXÍGENO DISUELTO			
No. Días	FECHA (día/mes/año)	ENTRADA (mg/l)	SALIDA (mg/l)
0	29/04/2013	0.13	
7	06/05/2013	1.13	2.92
10	09/05/2013	1.13	3.12
15	14/05/2013	0.13	4.28
21	20/05/2013	0.25	4.28
24	24/05/2013	0.06	2.96
28	28/05/2013	0.08	2.96
31	31/05/2013	0.15	0.4
36	05/06/2013	2.86	1.68
44	13/06/2013	2.35	1.62
48	17/06/2013	3.15	2.15

**Tabla 22.** Resultados de Conductividad sin bacterias

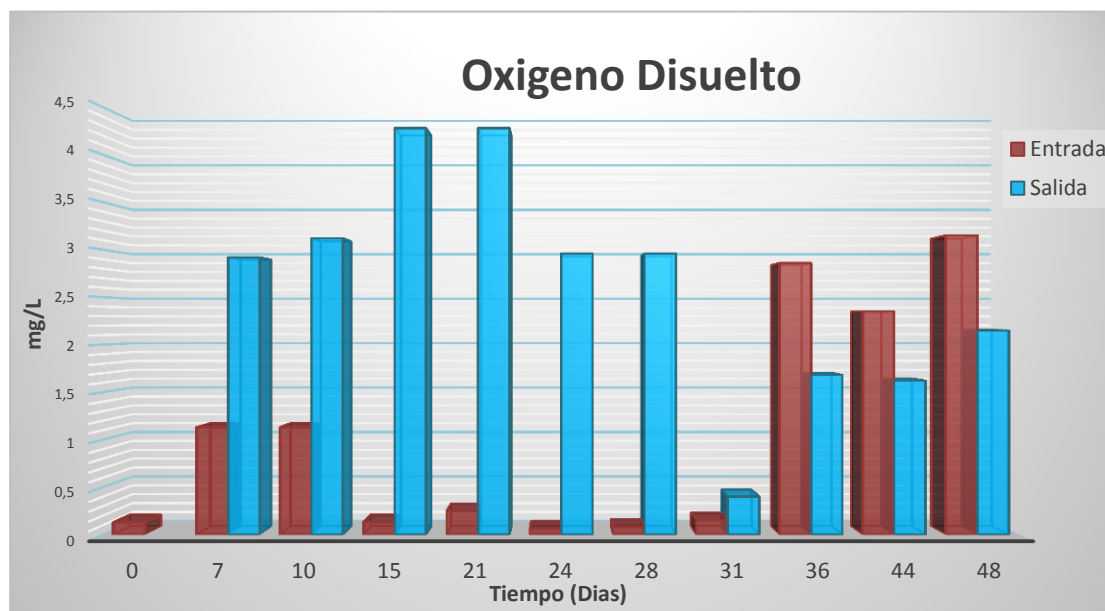
CONDUCTIVIDAD			
No. Días	FECHA (día/mes/año)	ENTRADA (μs)	SALIDA (μs)
0	29/04/2013	1.79	
7	06/05/2013	1.823	1.115
10	09/05/2013	1.532	1.316
15	14/05/2013	3.237	1.57
21	20/05/2013	3.309	1.7
24	24/05/2013	2.356	2.248
28	28/05/2013	2.899	2.784
31	31/05/2013	1.928	3.147
36	05/06/2013	1.817	2.724
44	13/06/2013	1.826	2.515
48	17/06/2013	1.36	2.228



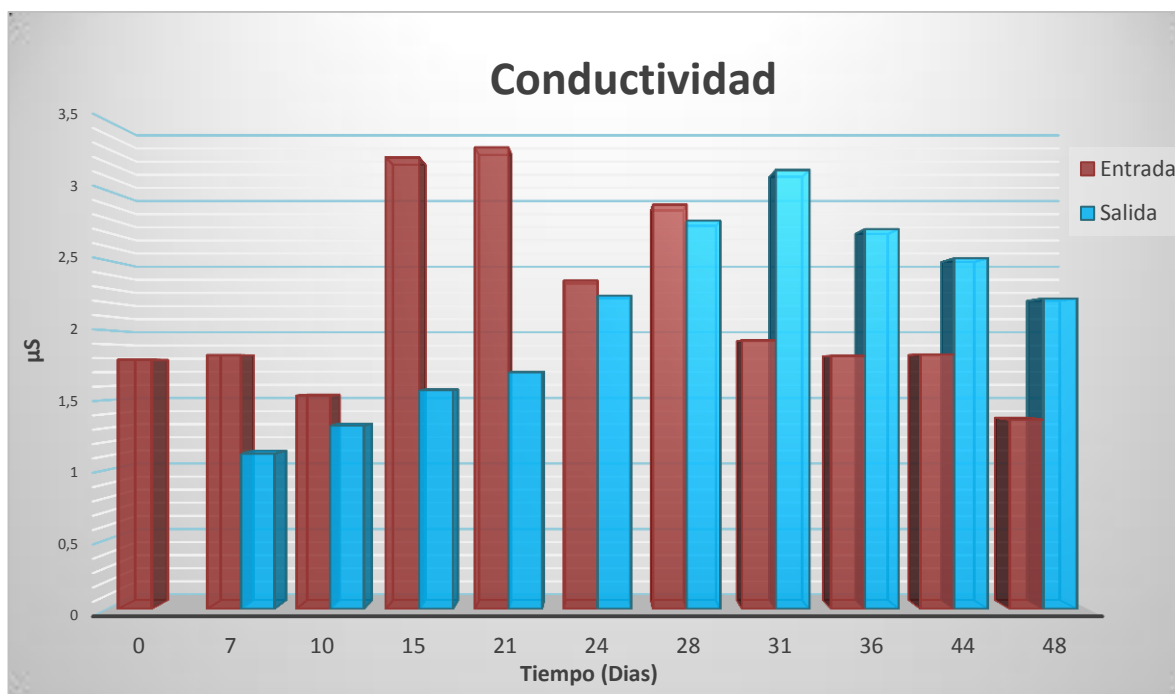
**Grafica 25.** pH en la Fase I



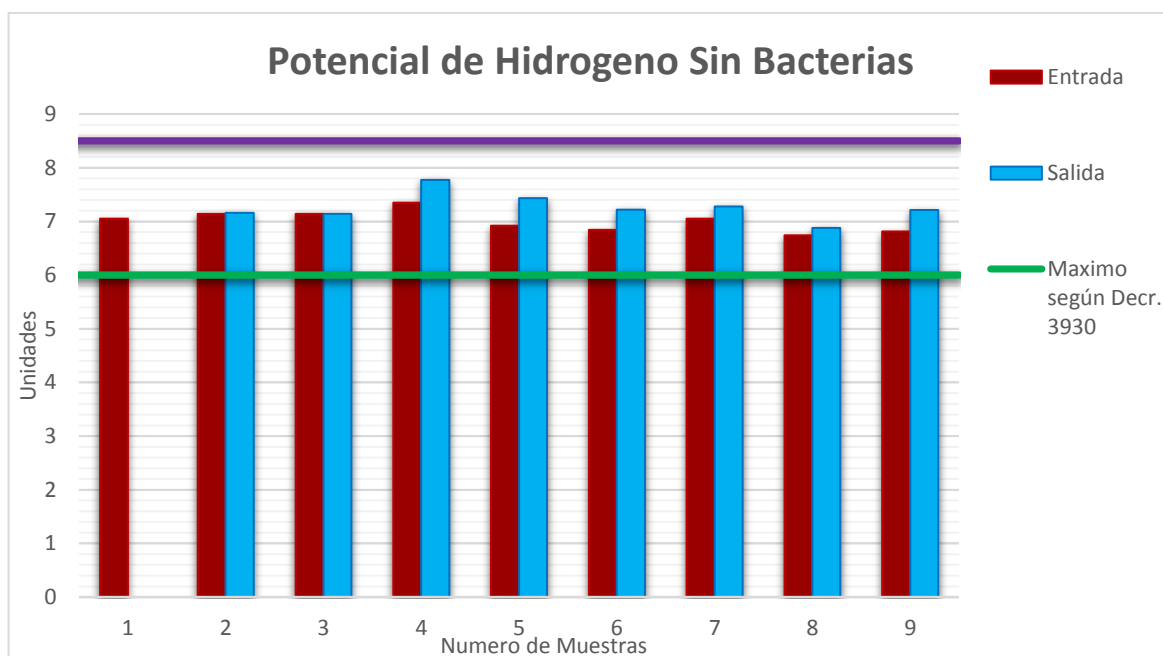
**Grafica 26.** Temperatura en la Fase I.



**Grafica 27.** Oxígeno Disuelto en la Fase I.

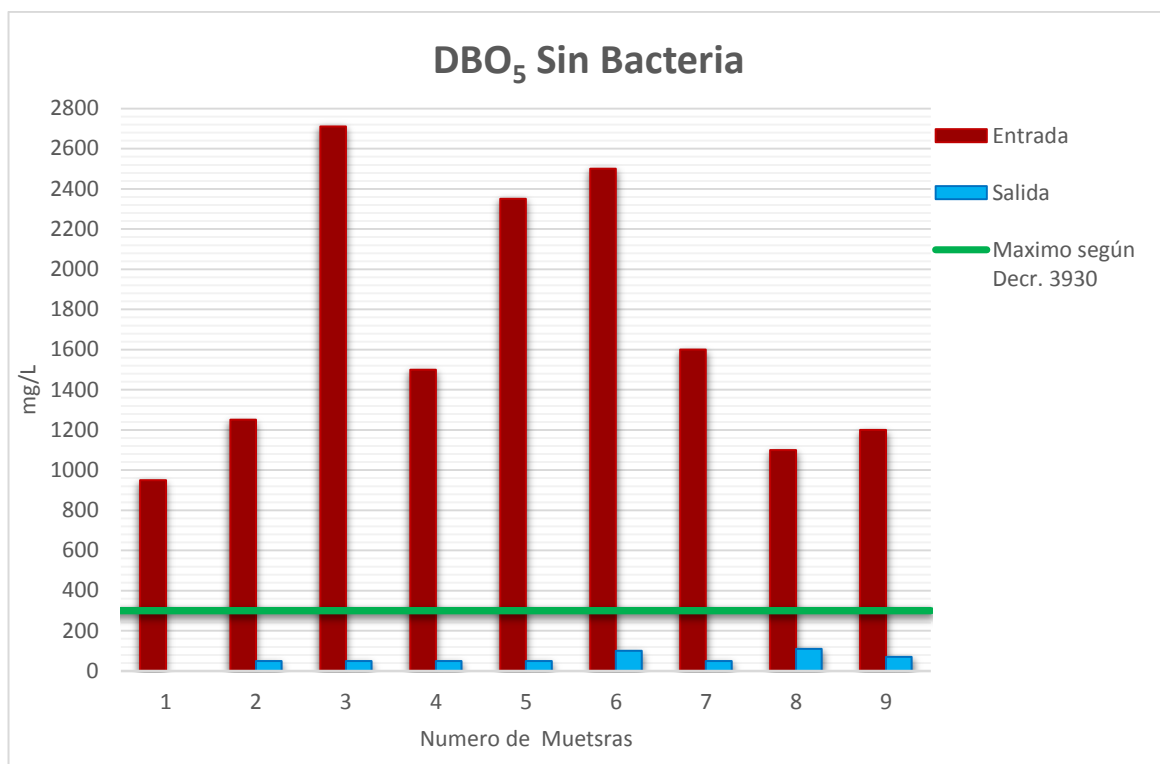


**Grafica 28.** Conductividad en la Fase I.

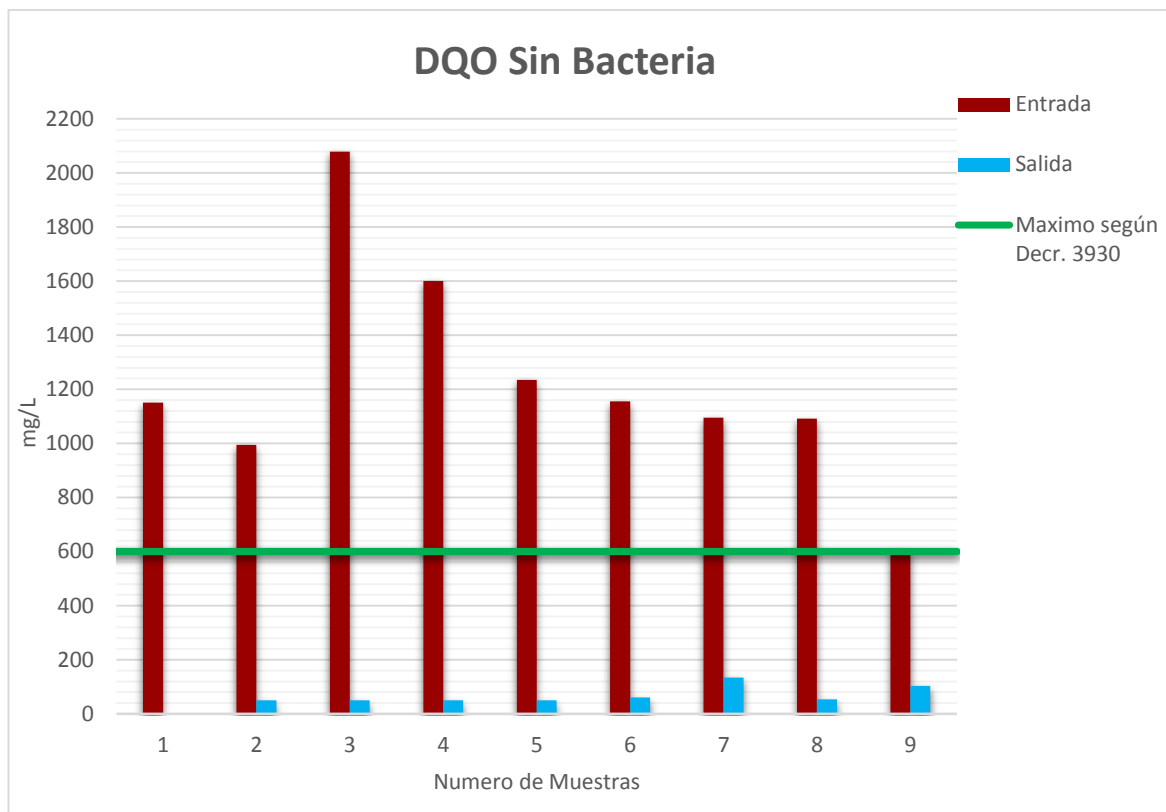


**Grafica 29.** Comparación del pH sin bacterias con el decreto 3930.

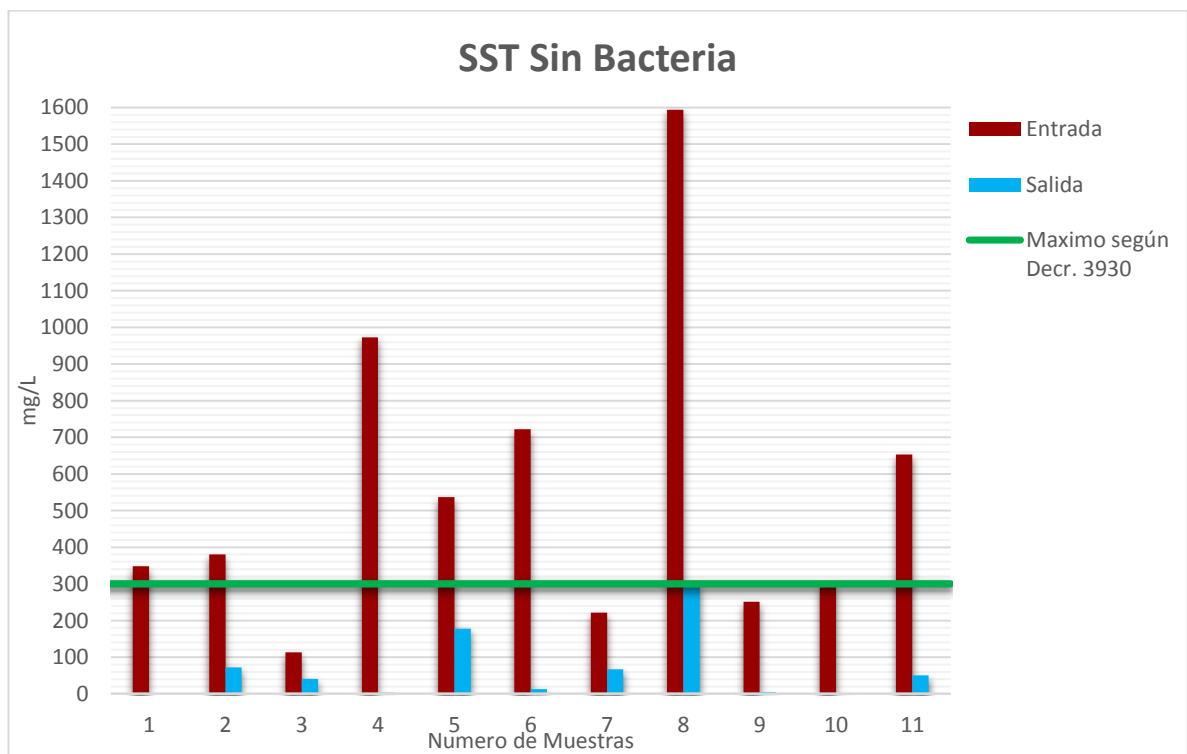




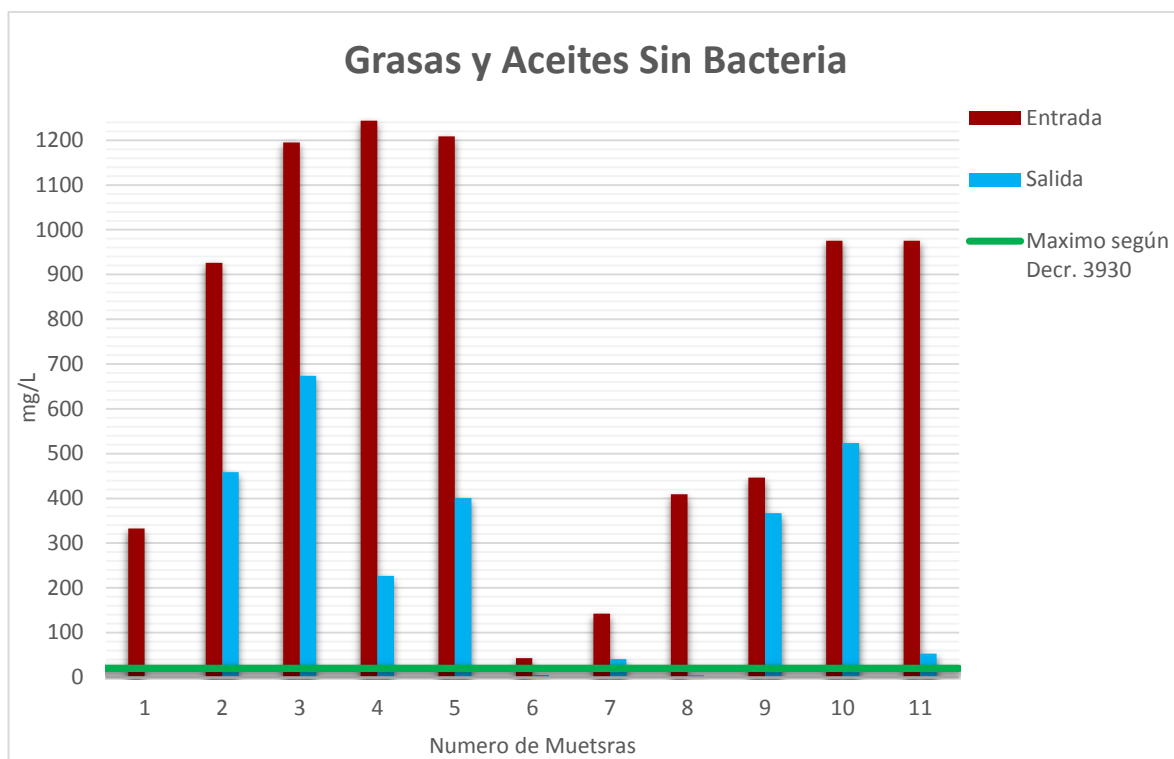
**Grafica 30.** Comparación de la DBO5 sin Bacteria con el Decreto 3930.



**Grafica 31.** Comparación de la DQO sin Bacteria con el Decreto 3930.



**Grafica 32.** Comparación de la SST sin Bacteria con el Decreto 3930



**Grafica 33.** Comparación de la Grasas y Aceite sin Bacteria con el Decreto 3930.

**Tabla 23.** Los resultados de la DBO5 con bacterias

DBO5				
No. Días	FECHA (día/mes/año)	ENTRADA (mg/l)	SALIDA (mg/l)	EFICIENCIA (%)
0	27/06/2013	800	35	95.6
7	03/07/2013	1400	75	94.64
14	10/07/2013	900	55	93.88
19	15/07/2013	1600	10	99.38
22	18/07/2013	900	60	93.92
26	22/07/2013	800	30	96.25
29	25/07/2013	900	64	92.88
TOTAL				95.22

**Tabla 24.** Resultados de la DQO con bacterias

DQO				
No. Días	FECHA (día/mes/año)	ENTRADA (mg/l)	SALIDA (mg/l)	EFICIENCIA (%)
0	27/06/2013	901.2	20,14	97.8
7	03/07/2013	801.1	83,55	89.57
-14	10/07/2013	921.2	70,2	92.38
19	15/07/2013	1155	70,2	93.92
22	18/07/2013	1000	26,82	97.32
26	22/07/2013	1245	53,52	95.7
29	25/07/2013	1236	67	94.58
<b>TOTAL</b>				<b>94.46</b>

**Tabla 25.** Resultados de los Sólidos suspendidos totales con bacterias

SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES				
No. Días	FECHA (día/mes/año)	ENTRADA (mg/l)	SALIDA (mg/l)	EFICIENCIA (%)
0	27/06/2013	364	0.5	99.86
7	03/07/2013	365	137	62.47
14	10/07/2013	45	6	86.66
19	15/07/2013	327	84	74.31
22	18/07/2013	272	44	83.82
26	22/07/2013	206	55	73.3
29	25/07/2013	266	55	79.32
<b>TOTAL</b>				<b>76.64</b>

**Tabla 26.** Resultados del pH con bacterias

Potencial de Hidrogeno (pH)			
No. Días	FECHA (día/mes/año)	ENTRADA (Unidad)	SALIDA (Unidad)
0	27/06/2013	7,28	7,57
7	03/07/2013	7,2	7,68
14	10/07/2013	7,02	7,27
19	15/07/2013	7,8	7,59
22	18/07/2013	7,28	7,42
26	22/07/2013	6,93	7,24
29	25/07/2013	7,37	7,56

**Tabla 27.** Resultados de las Grasas y Aceites con bacterias

GRASAS Y ACEITES				
No. Días	FECHA (día/mes/año)	ENTRADA (mg/l)	SALIDA (mg/l)	EFICIENCIA (%)
0	27/06/2013	2384.08		
7	03/07/2013	2417.10	18.30	99.24
14	10/07/2013	927.31	422.12	54.48
19	15/07/2013	809.00	160.48	80.16
22	18/07/2013	756.53	145.33	80.79
26	22/07/2013	1494.03	181.78	87.83
29	25/07/2013	2623.11	539.11	79.45
TOTAL				80.33

**Tabla 28.** Comparación de la eficiencia de la DBO5 sin y con Bacteria.

DBO5	
EFICIENCIA SIN BACTERIAS (%)	EFICIENCIA CON BACTERIAS (%)
96	95.6
98.2	94.64
96.7	93.88
97.9	99.38
96	93.92
96.9	96.25
90	92.88
94.2	

**Tabla 29.** Comparación de la eficiencia de la DQO sin y con Bacteria.

DQO	
EFICIENCIA SIN BACTERIAS (%)	EFICIENCIA CON BACTERIAS (%)
94.7	97.8
97.6	89.57
96.9	92.38
96	93.92
94.8	97.32
87.8	95.7
95.1	94.58
82.9	

**Tabla 30.** Comparación de la eficiencia de la SST sin y con Bacteria.

SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	
EFICIENCIA SIN BACTERIAS (%)	EFICIENCIA CON BACTERIAS (%)
81.1	99.86
63.7	62.47
99.7	86.66
66.9	74.31
98.2	83.82
69.7	73.3
81.2	79.32
98.01	
99.33	
92.34	

**Tabla 31.** Comparación de la eficiencia de la Grasas y Aceite sin y con Bacteria.

GRASAS Y ACEITES	
EFICIENCIA SIN BACTERIAS (%)	EFICIENCIA CON BACTERIAS (%)
50.52	99.24
43.65	54.48
81.78	80.16
66.89	80.79
87.92	87.83
71.27	79.45
98.97	99.24
17.77	
46.36	
94.61	
82.69	

Figura 9. Hoja de Seguridad de la ECOBACTER FM.



# Ecobacter FM

**Producto Biológico para Tratamiento de Residuos en Plantas de Productos Alimenticios**

**Ecobacter FM:** es un sistema biológico natural diseñado para reducir el DBO, DQO, TSS y THP. Sin tener que incrementar las instalaciones actuales.

**Ecobacter FM:** es una mezcla sinérgica de bacterias vivas naturales de clase I específicamente seleccionadas por su acelerada habilidad para metabolizar sólidos, grasas, cebos, proteínas, lípidos y otros contaminantes en dióxido de carbono y agua.

**Ecobacter FM:** es una mezcla sinérgica de bacterias vivas naturales de clase I específicamente seleccionadas por su acelerada habilidad para metabolizar sólidos, grasas, cebos, proteínas, lípidos y detergentes en dióxido de carbono y agua.

**Ecobacter FM:** está especialmente diseñado para residuos industrial en plantas de tratamiento con volúmenes aproximados o que exceden su capacidad.

**Ecobacter FM:** está disponible con potencia industrial para uso comercial, industrial y municipal.

- Reduce Lodos
- Ambientalmente SEGURO
- BAJO COSTO
- NATURAL
- NO ES TOXICO
- Digiere desechos Industriales de Hidrocarburos

- Reduce DBO
- Reduce DQO
- Reduce TSS
- Reduce TPH
- Reduce BTEX
- Reduce sobrecargas

No Patógenos - No Tóxicas - No Corrosivas - No Cásificas





## HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DE PRODUCTO

Ingeniería Medio Ambiente IMA Ltda.  
Ca 38 # 80-32  
Barranquilla - Colombia - Sur América  
Oficina: +57(5)373-6715  
Móvil: +57(317)401-0012  
Correo Electrónico: [info@imambiental.com](mailto:info@imambiental.com)

### **ECOBACTER FM**

(Plantas de Tratamiento de Agua Residuales Industrial)

#### 1. IDENTIFICACION DEL PRODUCTO:

**Nombre del Producto:** Ecobacter FM

Ingeniería Medio Ambiente IMA Ltda.  
Cra 38 # 80-32  
Barranquilla - Colombia - Sur América  
Oficina: +57(5)373-6715  
Móvil: +57(317)401-0012  
Correo Electrónico: [info@imambiental.com](mailto:info@imambiental.com)

#### 2. COMPOSICION E INFORMACION SOBRE INGREDIENTES:

Este producto contiene las siguientes bacterias:

- 1.- Bacillus subtilis
- 2.- Bacillus Licheniformis
- 3.- Bacillus megaterium
- 4.- Arthrobacter sp. (x2)
- 5.- Acinetobacter paraffineus
- 6.- Corynebacterium sp.

#### 3. IDENTIFICACION DE RIESGOS

##### INFORMACION GENERAL DE EMERGENCIA

##### • APARIENCIA FISICA:

- ✓ Color: beige
- ✓ Olor: Orgánico
- ✓ Restos: No tiene escamas visibles

**Información Química Relacionada Con Riesgos Para La Salud Y El Ambiente:**

- ✓ **Salud: Efectos a la sobreexposición:**  
Tomado internamente, puede causar mal de estómago.

- ✓ **Inflamabilidad:** No inflamable.
- ✓ **Reactividad:** Estabilidad: Estable
- ✓ **Condiciones para evitar:** Calor excesivo, ácidos fuertes o bases, y compuestos bactericidas.
- ✓ **Incompatibilidad:** No compatible con ácidos fuertes o compuestos bactericidas
- ✓ **Productos peligrosos de descomposición:** N/A
- ✓ **Polimerización Peligrosa:** N/A

##### TELEFONOS DE EMERGENCIA

Barranquilla - Colombia - Sur América  
Oficina: +57(5)373-6715  
Móvil: +57(317)401-0012

**EFFECTOS POTENCIALES PARA LA SALUD:** Esta sección describe posibles efectos adversos en caso de que el producto no sea utilizado correctamente.

**INGESTION:** El producto es solo para uso externo. Si es tomado internamente llama al doctor inmediatamente. Inducir el vómito.

**OJOS:** No irritante.

**PIEL: Contacto:** No irritante.

**INHALACION:** La exposición a los vapores del producto no se espera que provoque efectos adversos.

#### 4. PRIMEROS AUXILIOS

**EN CUALQUIER CASO CONSEGUIR AYUDA MÉDICA.**

En caso de intoxicación, llevar a la persona afectada a un lugar ventilado, llamar a un médico, o trasladar a la persona a un servicio de emergencia llevando el envase o la etiqueta del producto. Quien realice los primeros auxilios puede tomar contacto directo con el



## HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DE PRODUCTO

- ✓ **OJOS:** Lavar con abundante agua corriente inmediata y continuamente durante 15 minutos, manteniendo los párpados abiertos. Consultar al médico.
- ✓ **PIEL:** Lavar inmediatamente la piel con abundante agua corriente y jabón, durante 15 minutos como mínimo.
- ✓ **INGESTION:** Enjuagar la boca con bastante agua. Inducir al vómito. Realizar lavaje gástrico
- ✓ **INHALACION:** N/A

### NOTA PARA EL MEDICO

La decisión de inducir al vómito, o no, debe ser tomada por el médico, y esta práctica sólo debe ser realizada por personal entrenado. Aplicar tratamiento sintomático, de acuerdo con el criterio del médico, según las reacciones del paciente.

### 5. DATOS PARA EXTINCION DE INCENDIOS

- ✓ **Punto de destello:** N/A
- ✓ **Límites de inflamación:** N/A
- ✓ **Medio de Extinguirse:** Agua
- ✓ **Procedimientos especiales en incendios:** Ninguno
- ✓ **Peligros inusuales en incendios y explosiones:** Ninguno

### 6. DATOS PARA CASOS DE ACCIDENTES:

En caso de accidentes que lleven asociado un derrame del producto, proceder según se indica en: **DERRAMES Y/O PERDIDAS:** Si el accidente se produjera en la vía pública, delimite el área.

- **PROTECCION DE LAS PERSONAS:**
  - ✓ **Protección Respiratoria:** No es Requerida
  - ✓ **Ventilación:** No se requiere ventilación especial
  - ✓ **Guantes de Protección:** No se requiere
  - ✓ **Protección para los ojos:** No se requiere

**PROTECCION DEL MEDIO AMBIENTE:**  
 Puede dirigir a cuerpos o canales de agua.

### DERRAMES Y/O PÉRDIDAS:

Pequeños derrames: Contener el derrame por medio de diques y dirigir el curso a canales o cañales. Absorber con material inerte (arena o tierra) y recoger

### 7. MANIPULEO Y ALMACENAJE:

**MANIPULEO:** Leer la etiqueta. No almacenar ni transportar con alimentos, medicamentos o vestimenta. Mantener alejado del alcance de los niños y de los animales. Prever la provisión de agua en el área de trabajo. No comer durante el manipuleo y/o uso del producto. Adoptar las buenas prácticas de higiene personal. Lavarse cuidadosamente con agua y jabón después del manipuleo del producto. Lavar la ropa después de usada separadamente de otras vestimentas.

**ALMACENAJE:** Evadir el calor excesivo. Almacene el producto final en un lugar fresco o frío y seco. Almacene el concentrado en un área refrigerada. Evite almacenarla en un lugar bajo el sol directo.

### 8. PROTECCION PERSONAL Y LÍMITES DE EXPOSICION

**Protección Respiratoria:** No es Requerida  
**Ventilación:** No se requiere ventilación especial  
**Guantes de Protección:** No se requiere  
**Protección para los ojos:** No se requiere  
**Otros equipos de protección:** Ninguno

### 9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

**Punto de Ebullición:** 100°C  
**Gravedad Específica (H<sub>2</sub>O=1):** Uno  
**Presión de Vapor (mm Hg):** H<sub>2</sub>O

## HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DE PRODUCTO

**Punto para fundirse:** N/A  
**Densidad del Vapor (Aire=1):** H<sub>2</sub>O  
**Ritmo de Evaporación (Acetato Butil = 1):** H<sub>2</sub>O  
**Solubilidad en Agua:** N/A  
**Apariencia y Olor:** Color verde con un ligero olor orgánico.

### 10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD QUIMICA:

- ✓ **Reactividad:** Estabilidad: Estable
- ✓ **Condiciones para evitar:** Calor excesivo, ácidos fuertes o bases, y compuestos bactericidas.
- ✓ **Incompatibilidad:** No compatible con ácidos fuertes o compuestos bactericidas
- ✓ **Productos peligrosos de descomposición:** N/A
- ✓ **Polimerización Peligrosa:** N/A

### 11. INFORMACION TOXICOLOGICA

- ✓ **OJOS:** No irritante.
- ✓ **PIEL: Contacto:** No irritación
- ✓ **INGESTION:** La toxicidad de una dosis oral simple es moderada. Pequeñas cantidades ingeridas accidentalmente durante el manejo, no es probable que causen daño.
- ✓ **EFFECTOS CARCINOGENICOS:** No hay información disponible para humanos.
- ✓ **EFFECTOS TERATOGENICOS:** Los estudios en animales no detectaron efectos sobre las crías. No hay información disponible para humanos.
- ✓ **MUTAGENICIDAD:** No mutagénico.

### 12. INFORMACION RELACIONADA AL MEDIO AMBIENTE

#### ECOTOXICOLOGÍA:

Organismos de agua y peces. Prácticamente no tóxico.

**Aves:** Moderadamente tóxico.

DL50 oral aguda (Codorniz) = 425.2 mg/kg

DL50 dietaria 5 días (Codorniz) = 1667 ppm

Abejas: Ligeramente tóxico.

DL50 oral 48 horas (ing. activo) = 68 µg/abeja

NOEL (ingred. activo) = 36 µg/abeja

**Persistencia en el suelo:** El producto es metabolizado por los microorganismos del suelo, originando CO<sub>2</sub> y arsenatos. La vida media del producto en el suelo es de 2 días. La magnitud de descomposición del producto por fotólisis y volatilización es despreciable.

**Movilidad en el suelo:** El producto es adsorbido por las arcillas del suelo pero puede ocurrir lixiviación descendente.

**Acumulación en el suelo:** Ninguno

### 13. CONSIDERACIONES PARA DESCARTE

**METODO DE DESCARTE:** absorción por agua o por suelo.

**MANEJO Y ELIMINACIÓN DE ENVASES:** Los envases vacíos deben enjuagarse una vez con agua para extraer y utilizar todo el producto

### 14. INFORMACION PARA TRANSPORTE

**TRANSPORTE:** NO TRANSPORTAR ESTE PRODUCTO CON ALIMENTOS, MEDICAMENTOS O VESTIMENTA.

### 15. INFORMACION SOBRE LEGISLACION

**REQUISITOS DE LEGISLACION:**  
NO APLICABLE

### 16. INFORMACION ADICIONAL

**NOTA:** La información aquí contenida es meramente orientadora, presentada de buena fe, sin incurrir en responsabilidades explícitas o implícitas. En caso de necesidad de aclaraciones o informaciones adicionales, consultar al fabricante.